

ВСЕЛЕННАЯ

на ладони

КОЛИН СТЮАРТ





**THE
UNIVERSE**

**IN BITE-SIZED
CHUNKS**

COLIN STUART

КОЛИН СТЮАРТ



ВСЕЛЕННАЯ

на ладони



МОСКВА
2019

УДК 52
ББК 22.6
С88

Colin Stuart
THE UNIVERSE IN BITE SIZED CHUNKS
First published in Great Britain in 2018
by Michael O'Mara Books Limited 9 Lion Yard
Tremadoc Road
London SW4 7NQ
Copyright © Michael O'Mara Books Limited 2018

С88 **Стюарт, Колин.**
Вселенная на ладони / Колин Стюарт ; [пер. с англ. М. В. Ан]. — Москва : Эксмо, 2019. — 352 с. — (Краткая история).

Перед вами путеводитель по Вселенной! Совершите невероятное путешествие через все основные астрономические открытия, от древних цивилизаций до современных наблюдений за гравитационными волнами, предсказанными Эйнштейном более 100 лет назад. Интересный увлекательный рассказ о нашей Вселенной через основные астрономические законы и открытия.

УДК 52
ББК 22.6

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научно-популярное издание

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ

Колин Стюарт

ВСЕЛЕННАЯ НА ЛАДОНИ

Главный редактор *Р. Фасхутдинов*
Руководитель направления *В. Обручев*. Ответственный редактор *Ю. Лаврова*
Младший редактор *Д. Атакишиева*. Художественный редактор *С. Власов*
Компьютерная верстка *Е. Матусовская*. Корректор *Р. Болдинова*

В оформлении переплета использованы фотографии:
Matt Gibson, nienora, Shaiith / Shutterstock.com
Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Эксмо»
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел.: 8 (495) 411-68-86.
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru
Федерул: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй.
Тел.: 8 (495) 411-68-86.
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин: www.book24.ru

Интернет-магазин: www.book24.kz

Интернет-магазин: www.book24.kz

Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».
Казахстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.
Дистрибутор и продавец по всему региону на продукцию,
в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»
Казахстан Республикасында дистрибутор және импорттаушы арна-талпаттары
«Қызылорда» өңірі «РДЦ-Алматы» ЖШС.
Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.
Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92. E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Филиал: жарықтандырылған кітаптарды сату.

Сертификация туралы ақпарат сайты: www.eksmo.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ
о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»
www.eksmo.ru/certification

Өндiрген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылмаған

Подписано в печать 04.06.2019. Формат 84x108^{1/32}.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,48.

Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-04-099305-5
9 785040 993055

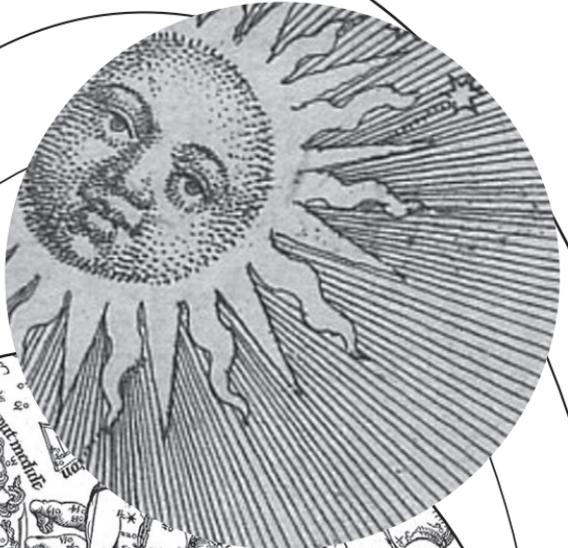


© Ан М.В., перевод на русский язык, 2018
© Оформление. ООО «Издательство
«Эксмо», 2019

ISBN 978-5-04-099305-5

Моим отцу и матери посвящается.

С благодарностью за то, что вы всегда
вдохновляли меня в моем стремлении к звездам.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение 9

1 АСТРОНОМИЯ В ДРЕВНОСТИ 13

2 СОЛНЦЕ, ЗЕМЛЯ И ЛУНА 79

3 СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА 135

4 ЗВЕЗДЫ 187

5 ГАЛАКТИКИ 243

6 ВСЕЛЕННАЯ 293

Заключение 339

Указатель 343



Caput medusae

Debeton

Piscis

Andromeda

Perseus

Cassiopeia

Cepheus

Virginitas

Ictum

Aquila

Heracles

Ophioglyphus

Anguis

Corona

Bootes

Virginitas maior

ВВЕДЕНИЕ

*Я слишком трепетно и безмерно любил
звезды, чтобы бояться темноты ночи.*

Сара Уильямс. Старый астроном

Я был пленен видом ночного неба с тех пор, как помню себя. Это моя первая настоящая любовь. Будучи детьми, мы слышим самые разные сказки о гоблинах и домовых, драконах, ведьмах и колдунах, но для меня Вселенная всегда была куда более таинственной и загадочной, чем любая из услышанных мной волшебных историй.

Многие поколения астрономов на протяжении столетий стремились приподнять над космосом завесу тайны, выведя на свет его самые сокровенные секреты. То, что они обнаружили, оказалось просто невероятным. Бесчисленное множество планет, кружащихся в танце в бесконечном пространстве звезд. А гравитация искривляет и скручивает пространство так, что время останавливает свой ход.

Мы можем проследить движение атома на всем его пути от сердца звезд до вашей кожи и костей. Мы уже отправили свои аппараты к каждой из планет Солнечной системы, и даже на лунной пыли остался след ноги человека.

Сам масштаб такой Вселенной бывает просто пугающей. Последние десять лет я провел за написанием книг и статей, а также чтением лекций об астрономии, и тем не менее продолжаю ощущать себя маленьким. Многие люди покинули данную стезю, спасовав перед непреодолимой трудностью освоения предмета. Но это трудность только кажущаяся. Задача настоящей книги — разложить бескрайнюю Вселенную на части, которые поддаются объяснению. Здесь не будет сложной математики или специальных терминов, вместо этого я предлагаю простые объяснения самых таинственных и восхитительных ее черт.

Я включил сюда одинаковое количество того, что мы не знаем, и того, что нам хорошо известно. Ответ на один вопрос неизменно рождает множество новых. Для нас все еще остается тайной, из чего же все-таки состоит большая часть нашей Вселенной и существуют ли наряду с нами в пределах одного космического пространства другие формы жизни. Астрономы до сих пор бьются над загадкой, является ли наша Вселенная единственной в своем роде и как именно возникли пространство и время. Таковы наиболее часто задаваемые вопросы.

Эта книга построена по принципу отдаления от планеты Земля, и начинается она с самых ранних от-

крытий в астрономии, далее переходит к просторам Солнечной системы, а затем и за ее пределы, в более обширное пространство галактик и всей Вселенной. Наши космические путешествия охватят пространство в 93 миллиарда световых лет, которые по времени укладываются примерно в 14 миллиардов лет. Я тщательно разрабатывал наш маршрут таким образом, чтобы вы могли видеть всю Вселенную как на ладони и изучить то, что вас интересует больше всего, следуя этому маршруту.

Итак, присоединяйтесь ко мне в моем путешествии по просторам космоса. Уверен, что вы так же, как и я, навсегда влюбитесь в ночное небо и бездонный океан мерцающих звезд.



Caput medusae

Andromeda

Perseus

Cassiopeia

Cepheus

Virgo minor

Ictum

Aquila

Hercules

Ophiuchus

Anguis

Corona borealis

Draco

Bootes

Ursa maior

АСТРОНОМИЯ В ДРЕВНОСТИ

МЕТКИ ВРЕМЕНИ

Задолго до того, как небо стало местом пребывания планет, галактик и черных дыр, оно было сферой обитания богов и источником примет. Раскаты грома свидетельствовали о гневе или неудовольствии Всевышнего; пролетевшая по небу комета служила зловещим предзнаменованием рокового конца. По крайней мере, так это воспринимали на протяжении тысячелетий наши отдаленные предки.

Однако самая важная роль неба заключалась в том, что оно выполняло функцию часов, являясь естественным хронометром. В те времена, когда настоящих часов, компьютеров и смартфонов не было и в помине, наши предшественники заметили, что небо отсчитывает свой собственный ритм. Восход и заход солнца ограничивали период, который они

обозначали как день. Семь таких дней они объединяли в неделю, где каждому из них было присвоено имя по названию одного из семи небесных тел, которые согласно их наблюдению вели себя по-разному по отношению к звездам.

Луна меняла свое обличье, уменьшаясь и увеличиваясь по мере смены фазы. Возникнув из крошечного полумесяца, она постепенно превращалась в ослепительный полный круг, после чего происходил обратный процесс. Один полный цикл этих изменений и сдвигов формы Луны занимал почти тридцать дней, и они называли его «лунным». С течением времени неумолимая трансформация языка привела к потере шифра. Солнце также проходит через более длинный цикл превращений. Поднимаясь по утрам на востоке над горизонтом и уходя за горизонт по вечерам на западе, оно достигает верхней точки своего дневного хода в полдень. Вместе с тем высота над поверхностью земли, которой солнце достигает в полдень, не всегда одна и та же. Если понаблюдать за движением солнца на протяжении многих месяцев, то можно заметить, что солнце описывает на небосклоне восьмиобразную кривую, называемую «аналемма». За время, которое необходимо для завершения именно этого цикла, солнце всходит и заходит 365 раз. В древности его называли годом. Он был разделен на четыре сезона, каждый из которых характеризовался собственными погодными условиями. Было замечено, что зима, весна, лето и осень повторяются в одно и то же время, по мере завершения аналеммы.



*За год солнце описывает на небосклоне
восьмиобразную кривую. Астрономы назвали
эту кривую «аналеммой»*

Примерно 10 000 лет назад мы занимались строительством массивных часов, чтобы придерживаться естественного ритма изменений на небосклоне. В 2004 году команда археологов обнаружила в Шотландии остатки сооружений каменного века, относящихся к этому времени. К началу 2013 года они наконец-то поняли, с какой целью эти сооружения были созданы. Архитекторы периода древности выкопали двенадцать углублений вдоль дуги длиной в 50 метров — по одной для каждого из двенадцати полных лунных циклов, которые в норме все вместе соответствуют году (иногда образуются тринадцать

полных лунных циклов, если первый приходится на начало января). По прошествии пяти тысяч лет безвестные строители каменного века начали работы по сооружению величественного круга Стоунхендж в долине Солсбери в Англии. Если встать внутри него, можно увидеть, что в день, когда солнце достигает вершины analemma (летнего солнцестояния), оно восходит всегда непосредственно над одним и тем же конкретным камнем — пяточным.

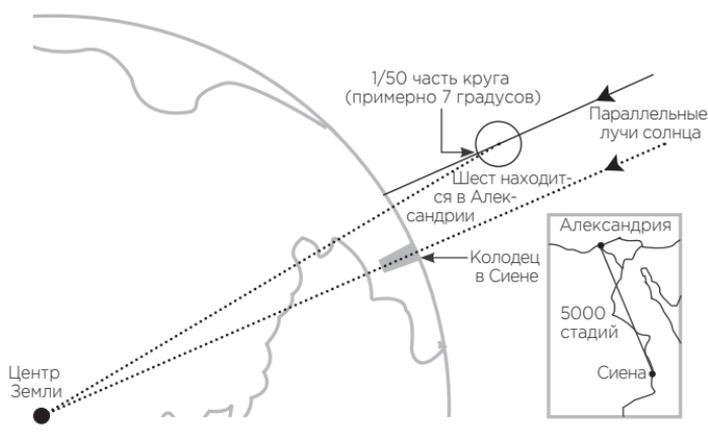
Сегодня, живя в цифровую эпоху, поглощенные суетой нашей сумбурной жизни, мы во многом не подозреваем о существовании ритма неба. Но для древних цивилизаций оно было единственным способом измерения времени, и их обширные исследования и наблюдения за движениями солнца и звезд стали основой, на которой зиждется организация жизни в современном мире.

ОТКРЫТИЕ ФОРМЫ ЗЕМЛИ

Не верьте тому, кто пытается убедить вас, что лучшие умы Средневековья верили, будто Земля плоская, — мы знали о том, что это не так, уже более двух тысячелетий назад. Тот, кому мы обязаны этим знанием, — древнегреческий математик Эратосфен. Он первым догадался об этом, хотя никогда не покидал пределов Египта.

Ученый заметил, что в египетском городе Сие-не в день солнцестояния солнце в полдень нахо-

дится прямо над головой. Он догадался провести измерения солнца ровно в то же самое время в момент следующего летнего солнцестояния в городе Александрии примерно в 800 километрах от Сиены. Установив вертикальный шест в землю и посмотрев на тень от него, Эратосфен смог заметить, что лучи солнца падают на столб не под прямым углом, а под углом в семь градусов. Причина этого небольшого отклонения от вертикали состояла в том, что поверхность Земли изогнута, поэтому лучи солнца падают на разные города под разными углами.



Эратосфен рассчитал размеры Земли, исходя из углов падения луча солнца в разных географических точках Египта

Ученый продвинулся еще на шаг вперед. Если при расстоянии в 800 километров возникает разница в семь градусов, он может градуировать эти различия таким образом, чтобы получить расстоя-

ние, соответствующее 360 градусам. В результате такого расчета была получена длина окружности Земли, которая оказалась равной более 41 тысяче километров (в своих вычислениях ученый использовал древнюю меру длины, называемую «стадион», поэтому его ответ на самом деле соответствовал приблизительно 250 тысячам «стадий»). Расчеты Эратосфена находятся в пределах 10-15 процентов современных показателей длины окружности Земли. Следовательно, древние греки были прекрасно осведомлены не только о том, что Земля имеет округлую форму, но и о том, насколько она большая.

ЭРАТОСФЕН (256–194 ГГ ДО Н. Э.)

Эратосфен был одним из своеобразных универсальных математиков-эрудитов. Наряду с работами по определению окружности Земли он внес важный вклад в развитие географии, музыки, математики и поэзии. В древности он пользовался настолько большим уважением, что его назначили главным библиотекарем знаменитой Александрийской библиотеки. Позднее она была полностью сожжена, но на пике своей славы являлась одним из крупнейших хранилищ древних знаний во всем мире.

Таким образом, имея доступ ко многим важным картам и рукописям, Эратосфен собрал их воедино и создал атлас древнего мира, разделив его на отдельные зоны по климатическому признаку. Он впервые в истории нанес на карту мира сетку горизонтальных и меридиональных линий и определил координаты более 400 городов. Эти работы

дали основание считать его общепризнанным отцом географии.

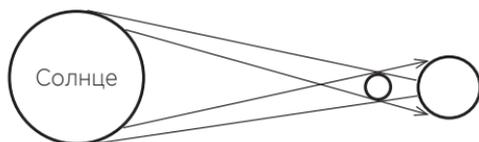
Очевидно, его другим крупнейшим достижением было изобретение «решета Эратосфена» — способа определения простых чисел путем отсеивания всех чисел, чье периодическое поведение свидетельствует о том, что они не могут быть простыми (простое число делится только на два числа — на единицу и на самое себя).

Свидетельством важности работ этого ученого является тот факт, что один из кратеров на Луне назван его именем.

Есть предположение, что люди знали о форме Земли, если не о ее размерах, даже в более ранние времена, чем времена Эратосфена. В момент частичного лунного затмения тень Земли отбрасывается на поверхность Луны. Эта тень совершенно очевидно изогнута. Существовало мнение, что в китайской книге «Жоу-Шу» приводились сообщения о наблюдениях за лунным затмением, произошедшем в XII веке до нашей эры. В комедии древнегреческого драматурга Жоу-Шу «Облака» действительно имеются записи о лунном затмении в 421 году до нашей эры. Если хотя бы одна из этих цивилизаций осознавала, что результат их наблюдений вызван тем, что тело Земли препятствует прохождению солнечных лучей, не позволяя им достичь поверхности Луны, тогда они должны были понимать, что Земля не может быть плоской. Поэтому сейчас мы переходим к затмениям.

СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Затмение — это, попросту говоря, такое небесное явление, когда что-либо, обычно видимое человеческому глазу, становится по какой-то причине невидимым из-за того, что нечто закрывает его. Затмения бывают двух видов: солнечное и лунное. Во время солнечного затмения Солнце становится невидимым из-за того, что его видимость блокируется Луной, которая становится между ним и Землей; во время лунного затмения, наоборот, Земля препятствует прохождению большей части солнечного света, не позволяя ему достичь Луны.



Когда Луна блокирует видимость Солнца, становясь между ним и нами, мы наблюдаем солнечное затмение

На протяжении тысячелетий люди наблюдали за солнечными затмениями, вызывавшими у них удивление, тревогу и страх. Поговаривают, что во времена царствования китайского императора Zhong Kang два императорских астронома были обезглавлены из-за того, что не смогли точно предсказать наступление солнечного затмения. Произошло это четыре тысячи лет назад. До возникновения современных представлений об этих небесных явлениях солнечные затмения воспринимались как зловещее

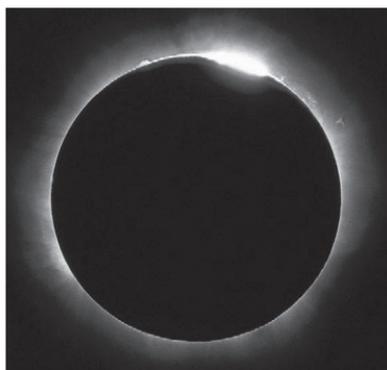
предзнаменование — как демонстрация божественного гнева перед греховным человечеством.

Наиболее впечатляющей формой затмения является полное солнечное затмение, когда Луна полностью закрывает солнечный диск. В любой конкретной местности подобное явление наблюдается довольно редко, однако полное солнечное затмение происходит в том или ином месте Земли примерно каждые восемнадцать месяцев. Стремительное передвижение Луны по небосклону означает, что зрелище никогда не может длиться более семи минут и тридцати двух секунд. Самая красивая часть солнечного затмения получила название «четки Бейли» — по имени английского астронома XIX века. Эти четки возникают при появлении первых и последних лучей солнца непосредственно до и после полного затмения, и только при прохождении солнечных лучей через кратеры, расположенные на самом краю лунной поверхности. В результате возникает потрясающий по зрелищности эффект алмазного ожерелья.

Во время полного солнечного затмения небо заметно темнеет, а температура воздуха резко снижается. Птицы, до этого счастливо издававшие свои песнопения, замолкают, смущенные внезапным исчезновением солнца в разгар дня. Но затмения не только дают шанс любителям понаблюдать за небом насладиться великолепным зрелищем одного из самых удивительных явлений природы — они являются бесценной возможностью для астрономов узнать что-то новое о космосе. Как мы увидим далее, неко-

торые из наших революционных прорывов в понимании Вселенной были совершены именно в результате наблюдения полного солнечного затмения.

Между тем, не все солнечные затмения являются полными. Часто Луна закрывает только часть солнечного диска. В течение таких частичных солнечных затмений Солнце выглядит так, как будто от него откусили большой кусок. Расстояние Луны от Земли варьируется в небольших пределах, и поэтому иногда она находится от нас слишком далеко и кажется слишком маленькой, чтобы полностью закрыть от нас Солнце. Мы называем такие затмения кольцеобразными, или кольцевыми, от латинского *annulus*, что означает «небольшое кольцо».



*Эффект алмазного ожерелья,
известный как четки Бейли*

Стоит отметить, что мы живем в исключительное время в плане солнечных затмений. И все потому, что миллионы лет назад Луна находилась намного ближе к Земле и могла регулярно полностью бло-

кировать видимость солнца, однако такие затмения не сопровождались бы наблюдением четок Бейли. Луна будет все сильнее отдаляться от нас и в итоге окажется слишком маленькой, чтобы радовать нас зрелищем полного солнечного затмения. Очевидно, что нашим отдаленным потомкам придется довольствоваться зрелищем лишь частичного, или кольцеобразного, затмения.

ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Мы видим Луну только благодаря тому, что она отражает солнечный свет. Но во время полного лунного затмения все прямые лучи, идущие от Солнца, блокируются телом Земли. Луна оказывается в полной тени Земли, или умбры. Если же Луна лишь проходит через участок земной тени, мы получаем возможность наблюдать частичное, или полутеневое, затмение.

Тогда как прямые солнечные лучи во время полного лунного затмения не способны достичь Луны, часть не прямых лучей все же добирается до ее поверхности. Происходит это благодаря отклонению небольшого количества солнечного света, или рефракции, происходящей вблизи нашей планеты под воздействием земной атмосферы. Как известно, белый свет в действительности представляет собой смешение семи цветов радуги, а наша атмосфера отклоняет в сторону Луны только красный свет —

остальные компоненты света рассеиваются в пространстве. В этом и состоит причина того, что цвет Луны в момент полного ее затмения варьируется от медного и оранжевого до красного. Переносимый воздухом вулканический пепел усиливает эффект, придавая Луне еще более глубокий кроваво-красный оттенок. Но если бы у Земли не было атмосферы, то Луна просто на время полностью исчезла бы с небосклона.

В отличие от солнечных затмений, представляющих собой относительно редкое и кратковременное явление, лунные затмения закономерно происходят чаще и длятся дольше. Естественно, такому крупному объекту, как Земля, куда проще воспрепятствовать прохождению света к столь малому объекту, как Луна, чем Луне заслонить свет, идущий от такого огромного объекта, каким является Солнце. Полное лунное затмение может длиться до 100 минут, и его может наблюдать большая часть человечества, проживающая на той стороне Земли, где в этот момент наступила ночь.

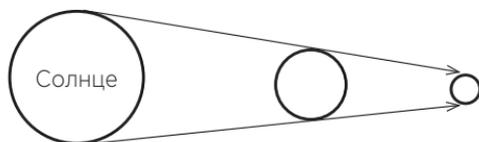


Схема лунного затмения, когда Луна исчезает в тени Земли

Люди наблюдали за лунными затмениями на протяжении тысячелетий. На глиняных табличках

из Шумера, датируемых 2094 годом до нашей эры, сохранились записи о лунном затмении, которые сопровождаются предсказаниями о надвигающейся гибели — религиозные суеверия и лунные и солнечные затмения на протяжении веков шли рука об руку. Наиболее знаменательное лунное затмение произошло в 1504 году нашей эры сразу же после того, как Христофор Колумб открыл Новый свет. Итальянский мореплаватель и его команда укрывались на Ямайке, вынужденные сделать остановку для ремонта своего флота, поскольку деревянные корпуса кораблей были поражены жучками.

Первоначально местное население радовалось гостям, всячески содействуя им в обустройстве, но те начали злоупотреблять их гостеприимством, занимаясь грабежом местных жителей и отнимая у них пищу. Шесть месяцев местные царьки терпеливо ждали изменений в их поведении, но потом прекратили всякое снабжение заморских пришельцев. Отчаявшись, Колумб принял неожиданно ниспосланное ему спасительное решение. В те времена на всех кораблях имелись альманахи — каталоги положений звезд и астрономических событий, с помощью которых осуществлялась навигация. Мореплаватель увидел, что следующее лунное затмение должно произойти 29 февраля. Он пошел на хитрость, сообщив главе племени, что он сам находится в контакте с богом и что всевышний выразит свое недовольство тем, как местные царьки обращаются с пришельцами, окрасив Луну в кроваво-красный цвет. После того, как в назначенный день затмение

действительно произошло, местное население незамедлительно сменило гнев на милость.

Согласно рассказам сына Колумба, «они сбежали со всех сторон к кораблю, плача и умоляя Командора всеми доступными способами заступиться за них перед богами». Знание о том, как устроена и функционирует Вселенная, дает силу, а суеверия — опасны.

СОЗВЕЗДИЯ

Наряду с Луной на ночном небосклоне царствуют бесчисленные звезды. По ночам при ясном небе видны тысячи звезд, и на протяжении веков множество сменявших друг друга независимых цивилизаций вовлекались в гигантские игры, пытаясь объединить в своем воображении различные звезды, формируя таким образом отдельные группы, известные сегодня как созвездия. Часто они создавались совершенно произвольно, так что временами разные звезды одной группы не имели между собой ничего общего, кроме очевидной близости нахождения друг от друга. Многие из таких созвездий очень далеки от действительно объединяющих взаимоотношений между входящими в них звездами. Возьмем созвездие *Canis Minor* — Малый Пёс. Оно состоит всего лишь из двух звезд, соединенных между собой одной прямой линией. Вряд ли оно напомнит кому-нибудь пса — у него даже нет конечностей.

Это связано с тем, что все истории предшествующего периода проецировались на звезды. Многочисленные сказки о героических принцах, опечаленных девицах, тщеславных королях и магических драконах проецировались на ночное небо, которое тем самым использовалось как гигантская книга с иллюстрациями. В те дни, когда эра печатного слова еще не наступила, такие истории были неотъемлемой частью богатой традиции устного повествования. Звезды служили средством их запоминания. Но, что куда важнее, они стали своего рода средством передачи жизненно важной информации будущим поколениям.



Гравюра Альбрехта Дюрера 1515 года, изображающая созвездия Северного полушария

Наши древние предшественники заметили, что некоторые созвездия точно так же, как и погода, появляются и исчезают по мере смены сезонов года. Так знаменитое созвездие Ориона доминирует на небе в Северном полушарии зимой, но как только погода начинает меняться к лучшему, оно скрывается, становясь невидимым. Наблюдая и отслеживая эти астрономические изменения, наши предки могли понять, когда им лучше сеять и когда собирать урожай. По существу, астрономические знания служили гигантским учебником земледелия, который передавался от родителей к детям, от поколения к поколению, посредством рассказа историй о звездах. Созвездия облегчали процесс запоминания этой жизненно важной информации.

В настоящее время профессиональные астрономы официально признают существование восьмидесяти восьми созвездий, раскинувшихся по обоим полушариям неба. Созвездия Северного полушария во многом являются наследием мифов и легенд, полученных нами от древних греков и римлян. Примером такого созвездия может служить знаменитый крылатый конь Пегас и его наездник Персей. Созвездия, расположенные в Южном полушарии, в большинстве своем были описаны первыми европейскими путешественниками, занимавшимися созданием карт еще не исследованных морей и океанов. Поэтому их названия несколько более практичны и менее фантастичны. Здесь изобилуют микроскопы, телескопы, навигационные инструменты, корабли, рыбы и морские птицы.

У каждой цивилизации, начиная от австралийских аборигенов и китайцев и заканчивая инуитами Аляски и инками Америки, имелись собственные созвездия. Но наступление эры научных революций в Европе привело к принятию греко-римских созвездий в качестве официального глобального стандарта. Созвездия веками многократно менялись и переформировывались, однако в 1922 году Международный астрономический союз (International Astronomical Union — IAU) официально и навечно зафиксировал и утвердил их статус.

Созвездия скорее остаются удобным и полезным способом структурирования ночного неба, а не реальным свойством или характеристикой Вселенной. Если бы вы родились на какой-то другой планете, вращающейся на ночном небе вокруг какой-нибудь другой звезды, а не вокруг Солнца, вы все равно наблюдали бы главным образом за теми же самыми звездами, но только под совершенно другим углом.

Поскольку в этом случае звезды оказались бы в абсолютно ином расположении по отношению друг к другу, ваши предки почти наверняка сформировали бы из них совсем другие рисунки и фигуры.

ЗОДИАКАЛЬНЫЙ КРУГ И ЭКЛИПТИКА

Днем звезды никуда не исчезают, они просто становятся невидимыми для нас, потому что более мощное солнечное излучение затмевает их

тусклый свет. Это все равно что пытаться разглядеть огонек горящей свечи на фоне потоков света мощных прожекторов, находясь на восьмидесяти-тысячном стадионе. Однако у нас есть возможность говорить о Солнце, располагающемся в пределах того или иного созвездия, даже если в это время мы не можем видеть отдельные звезды.

Солнце появляется каждый день, чтобы продвигнуться по небосклону менее чем на один градус по сравнению с находящимися за ним звездами. За год оно совершает полный оборот в 360 градусов, а путь, который оно проходит, известен как *эклиптика*. И он не остался без внимания наших предшественников. Уже в первом тысячелетии до нашей эры в древнем Вавилоне эклиптика была разделена на двенадцать созвездий — по одному на каждый лунный цикл традиционного года. Даже если вы имеете слабое представление об астрономии, вы, скорее всего, слышали о современных версиях названий созвездий — Овен, Телец, Близнецы, Лев, Рак, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. Эти двенадцать созвездий составляют «зодиакальный круг», или — «круг малых животных».

В прошлом ночное небо в значительной мере ассоциировалось с мистицизмом и суевериями. Небесные события часто рассматривались как факторы, влияющие на все, что происходит на Земле. В этом кроется источник астрологии — идеи о том, что движение и расположение небесных тел влияют на жизнь и деятельность людей. В частности, существовало предубеждение, что созвездие, в котором находилось

Солнце в день вашего рождения, имеет определенное отношение к тому, как сложится вся ваша жизнь. Однако современное понимание астрономии дает нам убедительные основания утверждать, что не существует ни единого доказательства правдивости этого. Звезды — всего лишь огромные горячие газообразные шары, находящиеся очень далеко от нас. Их расположение в день вашего рождения имеет ровно такое же отношение к вашей жизни или вашим личностным характеристикам, какое имеют к вам отношение и местоположение вазы на полке шкафа вашей матери или то, стояла ли машина вашего отца лицом на север на парковке госпиталя.



Деревянная гравюра с изображением двенадцати зодиакальных созвездий, которые все вместе обозначают годовой путь прохождения Солнца по небосклону

Между тем зодиакальный круг и эклиптика сыграли главную роль в том, что человечество оставило

позади эти суеверные представления и перешло к научным знаниям. Как мы увидим в следующих главах, наблюдение за движениями небесных тел вблизи эклиптики имело большое значение в революционных изменениях нашего понимания своего места во Вселенной и в том, что мы отбросили в сторону устаревшие, ничем не обоснованные идеи и концепции.

БЛУЖДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ

В представлении древних людей существовали три типа звезд. Звезды, всегда остававшиеся точно в пределах своих созвездий, были известны как фиксированные звезды. Временами на небе появлялись падающие звезды, ярко сверкая, они пролетали по небосклону, на какое-то мгновение достигнув максимального блеска. Затем появились блуждающие звезды. В эту небольшую группу входило всего пять звезд-бунтовщиков, не соблюдавших обычные правила перемещения по небосклону. Они перемещались очень близко к эклиптике, от одного зодиакального созвездия к другому. «Блуждающие звезды» по-гречески означает *asteres planetai*, именно отсюда произошло и современное название этих небесных странников: планеты.

В Европе этих непосед называли Меркурием, Венерой, Марсом, Юпитером и Сатурном по имени участников пантеона римских богов. Наряду с Солнцем и Луной они составляют семь небесных тел,

которые очевидно нарушают общий порядок и движутся, невзирая ни на какие созвездия. Наши древние предшественники дали их имена семи дням недели (см. таблицу 1). Тот факт, что отдаленные друг от друга цивилизации независимо друг от друга пришли к идее семи дней в неделе, предполагает, что они могли наблюдать семь небесных тел, движущихся очень близко к эклиптике. Ведь все остальные временные периоды и сезоны года тоже были так или иначе связаны с небесными явлениями.

Планеты Уран и Нептун также движутся вдоль эклиптики, но они оставались неизвестными в древности, поскольку находятся на слишком большом расстоянии от Солнца и из-за слабой освещенности не видны невооруженным глазом, без телескопа. Кажется удивительным, но если предположить, что у людей развились бы более крупные глаза и у нас появилась бы возможность увидеть Уран и Нептун невооруженным глазом, мы, возможно, жили бы сегодня в мире, где в неделе десять дней.

Таблица 1

| Английский | Французский | Испанский | Небесное тело |
|-------------|-------------|-----------|---------------|
| Понедельник | Lundi | lunes | Луна |
| Вторник* | Mardi | Martes | Марс |
| Среда* | Mercredi | Miercoles | Меркурий |
| Четверг* | Jeudi | jueves | Юпитер |
| Пятница* | Vendredi | Viemes | Венера |
| Суббота | Samedi | Sabado | Сатурн |
| Воскресенье | dimanche | domingo | Солнце |

* Английские названия для этих дней произошли от имен норвежско-англо-саксонских богов, поэтому они не совпадают с римскими названиями планет.

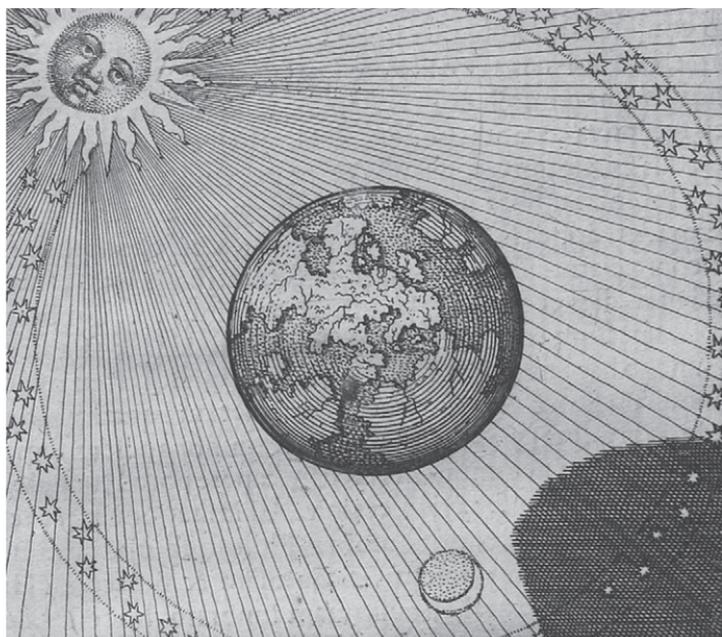
Если бы вам пришлось наблюдать за планетами в течение месяцев и лет, вы заметили бы, что с ними происходит что-то странное. Во-первых, они движутся вдоль эклиптики лишь для того, чтобы остановиться, тут же изменить направление и вернуться туда, откуда они пришли. Такое движение известно как ретроградное движение. Каждый, кто считает себя знатоком небесной механики, должен быть способным объяснить такое необычное поведение планет.

ПТОЛЕМАЙ И ГЕОЦЕНТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИРА

Все цивилизации прошлого, и прежде всего древнегреческая, пытались собрать все имевшиеся у них на тот момент знания о небе, чтобы создать единую модель Вселенной. Они знали, что Земля имеет сферическую форму и что Солнце и звезды раз в день совершают круговой оборот по небосклону. Их обыденный опыт подсказывал, что Земля не движется — и действительно, они не ощущали, что она движется. Отсюда они естественным образом пришли к заключению, что мы живем на неподвижной Земле, вокруг которой вращаются Солнце, Луна, планеты и звезды. Такая концепция центрального положения Земли известна как геоцентрическая модель мира.

Большинство моделей устройства Вселенной того времени изображали Землю, окруженную се-

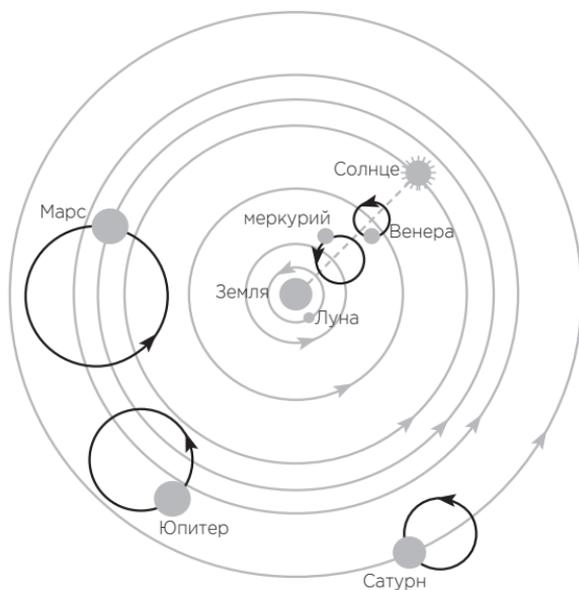
рией колес, на которых размещались Солнце, Луна, планеты и звезды. Поскольку Луна движется по небу быстрее всех, она естественно была на первом колесе. За ней следовали Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер и Сатурн. За пределами Сатурна кружились колеса, обозначавшие неподвижные звезды, никогда не выходившие за границы своих созвездий.



В древности астрономы верили в геоцентрическую Вселенную, в которой Солнце вращается вокруг Земли; такая модель изображена на приведенном выше рисунке 1687 года

Но эта модель создавала одну очень серьезную проблему — она не позволяла объяснить ретроградное движение планет. Почему некоторые колеса

внезапно останавливались, чтобы развернуться и начать движение в обратном направлении? Решение проблемы нашел древнегреческий математик Клавдий Птолемей, и оно получило известность как геоцентрическая модель Птолемея. Согласно ему планеты движутся в малом круге, получившем название эпицикл, и, как считал Птолемей, он вращается вокруг Земли на еще большем круге или колесе, названном им деферентом.



Птолемей изобрел деференты и эпициклы, чтобы объяснить ретроградное движение планет

Когда движение планет совпадает по направлению с движением деферента, мы видим, что планеты движутся в одном направлении вдоль эклиптики. Но когда они движутся вокруг эпицикла против

направления деферента, они будто меняют направление на противоположное. Это описание было настолько логичным и так ясно объясняло движение небесных тел, что оставалось незыблемой догмой, не подвергавшейся никакой критике и сомнению на протяжении более тысячи лет.

КЛАВДИЙ ПТОЛЕМЕЙ (ОКОЛО 100 — ОКОЛО 170 ГГ. Н. Э.).

Это кажется странным, что о человеке, который оказал огромное влияние на астрономию — науку с тысячелетней историей, — известно так мало. О нем говорят только его работы. Птолемей жил в Александрии, в то время являвшейся частью Римской империи, а в настоящее время — частью Египта.

В своей книге «Планетарные гипотезы» он выдвинул собственную систему эпициклов, а также попытался вычислить размеры Вселенной. Ученый полагал, что расстояние до Солнца составляет 605-кратную длину диаметра Земли (эта цифра в действительности ближе к 12 000). По его расчетам расстояние до звезд равно 10 000-кратной длине диаметра Земли (на самом деле эта цифра равна более чем 3 миллиардам). Его другая знаменитая работа по астрономии, «Альмагест», перечисляет сорок восемь созвездий (сейчас их восемьдесят восемь), многие из которых признаны и сведения о них продолжают использовать по сей день.

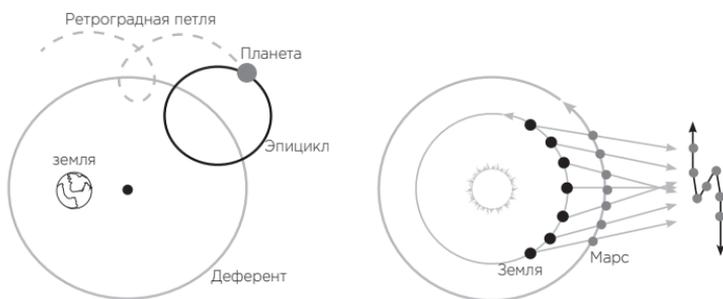
Он был завзятым астрологом, хотя, по некоторым источникам, признавал, что жизненные обстоятельства также играли роль в поведении

людей и влияли на их личность. Помимо работ по астрономии, он занимался изучением музыки, выполнял работы в области оптики и географии. Так же, как и в случае с Эратосфеном, его имя присвоено одному из кратеров на Луне.

КОПЕРНИК И ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МИРА

К началу шестнадцатого столетия геоцентрическая система Птолемея настолько укоренилась в западной культуре, что поставить ее под сомнение буквально означало подвергнуть свою жизнь реальной опасности. Со времен Древней Греции христианство охватило всю Европу и одно из его краеугольных учений состояло в том, что бог сотворил Вселенную за семь дней. Таким образом, представление о том, что Земля находится в центре мироздания, казалось естественным — почему бы не поместить свое творение в центр всего действия и не создавать этих проблем? Попытки оспаривать эту догму, намеки на то, что все на самом деле не совсем так, рассматривались как акт ереси. Ученые-мусульмане периода Средневековья не были столь жестко связаны с подобными догмами и уже в начале 1050 года нашей эры начали искать бреши в геоцентрической концепции Птолемея.

Тем временем в Европе уже в XVI веке польский математик по имени Николай Коперник начал осознавать, что для объяснения ретроградного движения планет нет никакой необходимости в эпициклах и деферентах. Все, что для этого нужно, — это поместить Солнце в центр всей системы, а Землю рассматривать всего лишь как одну из планет, вращающуюся вокруг него. Так появилась гелиоцентрическая модель Вселенной.



Объяснение ретроградного движения планет с точки зрения системы Птолемея и Коперника

Наблюдаемое ретроградное движение Марса тогда объяснялось бы как просто следствие того, что Земля «перекрывает» эту планету в нашем перемещении вокруг Солнца. При движении в направлении Марса будет казаться, что эта планета движется в одном направлении, но как только мы промчимся мимо нее, будет казаться, что она отдаляется от нас по мере того, как сами мы отлетаем от нее. В первом десятилетии XVI века Коперник начал излагать свои идеи письменно, тайно передавая копии трудов верным и надежным друзьям.

К началу 1532 года он был уже уверен в правильности своих представлений, но не хотел выставлять труды на суд публики из-за страха перед возможным обвинением. Существует мнение (хотя оно является предметом жарких споров) что сам Коперник увидел рукопись своего законченного труда, только находясь на смертном одре. Согласно преданию, успокоенный заверениями о том, что его идеи наконец-то станут достоянием общества и гласности, он мирно скончался в 1543 году. Его труд — *De revolutionibus orbium coelestium* («О вращении небесных сфер») — вероятно, одна из самых важных книг, когда-либо написанных в истории человечества.

Книга Коперника стала источником кризиса в теологии. К концу шестнадцатого столетия интеллектуальную эстафету принял итальянский монах Джордано Бруно, который утверждал не только то, что Земля вращается вокруг Солнца, но и то, что звезды — это всего лишь отдаленные подобия нашего Солнца со своими планетами и, возможно, собственной жизнью. В 1600 году этот гений был сожжен у позорного столба, а некоторые историки предполагают, что его астрономические взгляды были лишь одним из его многочисленных «интеллектуальных преступлений».

Для решения этих споров, однако, не было необходимых доказательств, которые могли раз и навсегда подтвердить, живем мы в геоцентрической или гелиоцентрической Вселенной. Однако одному датскому астроному удалось сделать все воз-

можно, чтобы найти выход из этого положения. Он предложил гибридную модель, сочетающую в себе обе системы.

ТИХО БРАГЕ

Датский астроном Тихо Браге представлял собой воплощение истинного эксцентрика. В течение большей части своей взрослой жизни он щеголял медным носом — в возрасте двадцати лет он утратил кончик своего носа от удара шпаги во время дуэли, затеянной из-за математики. Некоторые историки даже утверждали, что Уильям Шекспир изобразил в образе Гамлета Тихо Браге, а герои Розенкранц и Гильденстерн, конечно, позаимствовали свои имена у двоюродных братьев Браге. Возможно даже, что вся драма «Гамлет» является разработкой аллегии битвы между геоцентрической и гелиоцентрической моделями Вселенной, где герой Клавдий назван по имени Клавдия Птолемея.

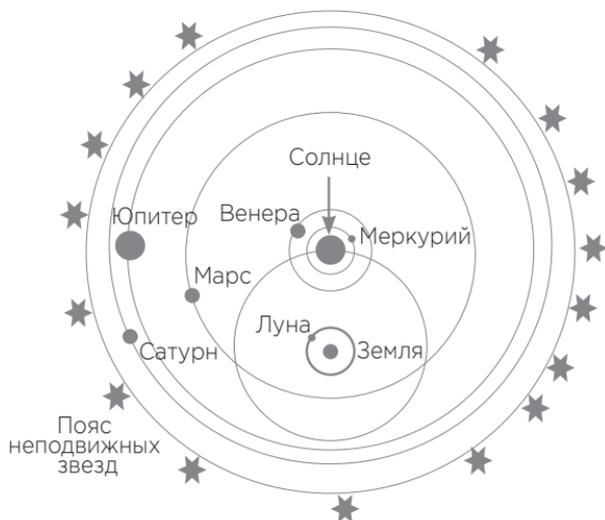
Но что мы знаем наверняка, так это то, что истинной страстью Браге была астрономия, и именно в ней он достиг подлинного величия. Браге выполнил более точные измерения параметров небесной сферы по сравнению со всеми, кто это делал до него. Датский король подарил ему маленький остров Гвен (теперь часть Швеции) вместе с большой суммой денег для строительства гигантской

астрономической обсерватории, которую следовало соорудить на этом острове. Браге назвал обсерваторию Ураниборгом, что значит «Замок Урании» — дочери Зевса и музы астрономии.

Социальный календарь в Ураниборге был почти также примечателен, как производившиеся в ней астрономические наблюдения. Браге нанял шута — карлика по имени Джепп, который имел обыкновение прятаться под столами и выпрыгивать оттуда, удивляя гостей. Он также содержал у себя при обсерватории прирученного лося, который плохо кончил, когда, сделав глоток из открытого бочонка с пивом, отравился и, упав замертво, скатился вниз по лестнице. Браге ожидала такая же несчастная участь. Участвуя на банкете с обильным пиршеством в Праге в 1601 году, он отказался покинуть застолье, чтобы сходить в туалет, несмотря на то, что потребил огромное количество алкоголя. Он скончался одиннадцать дней спустя от уремии — болезни, связанной с чрезмерной концентрацией мочевины в крови. У него попросту разорвался мочевой пузырь.

Однако до своей безвременной кончины в пятьдесят четыре года, работая в Уринборге, Браге тщательно описал движения звезд и планет, используя секстанты и квадранты — механические инструменты, с помощью которых проводились измерения углов между небесными телами. Многие его измерения достигали точности в $1/60$ часть градуса. Это привело его к компромиссу между геоцентрической и гелиоцентрической моделями. Он не мог заста-

вить себя поверить в то, что нечто столь громоздкое и огромное, как Земля, движется, поэтому в его гео-гелиоцентрической модели Вселенной Солнце и Луна вращались вокруг Земли, а уже планеты — вокруг Солнца. Подобно птолемеевским эпициклам, именно это являлось причиной ретроградного движения планет.



Тихо Браге создал гибридную модель Вселенной, в рамках которой Земля все еще занимает центральное положение, но некоторые планеты вращаются вокруг Солнца

По крайней мере, на бумаге. Между тем убедительных доказательств, которые позволили бы с уверенностью утверждать, какая из трех моделей — Птолемея, Коперника или Тихо Браге — правильно описывала реальное положение дел во Вселенной, в которой мы живем, все еще не существовало. Но через какое-то время один

голландский мастер, изготовитель очков, сделал случайное открытие, которое навсегда изменило астрономию.

ИЗОБРЕТЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА

Вплоть до этого времени все астрономические наблюдения проводились невооруженным глазом, а также при помощи секстантов и квадрантов. Однако в 1608 году голландец Ханс Липпершей создал первый в мире телескоп, подав заявку на патент на устройство «для рассматривания вещей и предметов, находящихся вдаль, но так, как будто они находятся вблизи». Остается неясным, был ли он на самом деле первым, кто соорудил такой инструмент, но история часто приписывает ему это открытие. Многие прорывные открытия в истории науки, такие, например, как момент, заставивший Архимеда вскрикнуть «Эврика!», или ньютоновское падение яблока, сопровождаются рассказами о внезапном озарении — историями, которые носят скорее апокрифический характер. Изобретение телескопа не исключение.

Рассказывают, что миг озарения Липпершей наступил, когда он увидел, как двое детей играют с коробкой старых линз в его мастерской. Оказалось, что если смотреть на находящийся вдалеке флюгер через две линзы одновременно, то объект, на который смотрят, внезапно начинает казаться

значительно больше. Учитывая этот эффект, Липпершей сконструировал устройство, которое могло увеличивать видимый размер объектов в три раза. Несколько лет спустя греческий ученый Джованни Демисиани назвал это новое изобретение «телескопом» от греческого слова «далекий» и «смотреть» или «видеть».

Но раскрыть истинный потенциал нового изобретения удалось итальянскому математику, в результате чего была опровергнута очень старая идея.

ГАЛИЛЕЙ И ЕГО НАБЛЮДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕЛЕСКОПА

В 1608 году итальянский ученый Галилео Галилей работал в Падуе, занимаясь преподаванием в местном университете. Во время своего путешествия в Венецию он столкнулся с экземпляром недавно изобретенного голландского устройства, как лесной пожар распространявшегося по всей Европе. Он взялся усовершенствовать это изобретение, и очень скоро появился телескоп с увеличением в восемь раз (по сравнению с первоначальным увеличением в три раза, которого достиг Липпершей). Вскоре он сконструировал устройство, способное давать увеличение более чем в тридцать раз.

Очень скоро Галилею стало ясно, что мы живем совсем не в геоцентрической Вселенной. Птолемей

ошибался. Седьмого января 1609 года ученый направил свой телескоп в сторону Юпитера и увидел три маленьких небесных объекта вокруг планеты. В течение недели он обнаружил и четвертый объект. Сегодня четыре крупнейших спутника Юпитера получили прозвище «галилеевых спутников», названных так в честь самого Галилея. В данном случае были обнаружены четыре небесных тела, которые совершенно очевидно не вращались ни вокруг Земли, ни вокруг Солнца.

Решающий довод был получен в сентябре 1610 года, когда Галилей увидел, что у Венеры, точно так же, как и у Луны, имеются фазы. Иногда она выглядела как «полный шар», а в другое время как полумесяц. Размеры Венеры также менялись, как будто иногда она становилась ближе к нам, а затем отдалялась. Если бы оба небесных тела — и Венера, и Солнце, вращались вокруг Земли, как предполагал Птолемей, мы никогда не узнали бы, что у Венеры есть свои фазы. Система Птолемея не позволяет Венере занимать положение между Землей и Солнцем, — построение, которое должны принять планеты, чтобы мы могли увидеть фазы Венеры. В рамках гео-гелиоцентрической системы Тихо Браге и системы Коперника, когда Венера располагается между нами и Солнцем, мы едва ли можем видеть ее освещенной, так как большая часть солнечного света падает на противоположную сторону этой планеты. Повернутая к нам сторона планеты полностью залита светом тогда, когда она находится на самом большом расстоянии от нас.

Именно в этом и состояло доказательство, которое наконец-то опровергло древнюю птолемеевскую геоцентрическую модель Вселенной. Однако переход на сторону гелиоцентризма все еще грозил большими неприятностями. Когда Галилей привел доводы в пользу системы Коперника, он вызвал волну гнева со стороны духовенства. Те выступали за систему Тихо Браге, так как она позволяла, с одной стороны, объяснить существование фаз Венеры и в то же время отвечала потребностям религии в идее центрального положения Земли. В 1616 году святая инквизиция объявила идею гелиоцентризма как прямое противопоставление Священному Писанию. А в 1633 году начался суд над Галилеем, которого объявили виновным в ереси. В качестве наказания ученого приговорили к пожизненному домашнему аресту. Галилей провел эти годы за написанием важных книг, посвященных менее противоречивым областям науки, и в 1642 году умер в возрасте семидесяти семи лет. В конце концов церковь была вынуждена оправдать Галилея, но произошло это только в 1992 году!

Галилей также занимался рисованием лунных гор и использовал длину их теней для определения их высоты. Его находки открыли миру лунные горы с более высокими вершинами, чем кто-либо мог ожидать. Будучи первым, кто увидел кольца Сатурна, он описал их как «уши», выпячивающиеся по обеим сторонам планеты. Ему удалось даже увидеть пятна на поверхности Солнца

и обнаружить, что наш Млечный Путь представляет собой не просто газообразное облако, а плотное скопление звезд.

ИОГАНН КЕПЛЕР И ЕГО ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗАКОНЫ

Немецкий математик Иоганн Кеплер был одним из первых и самых ярких сторонников коперниканской модели Вселенной, которым он стал еще до наблюдений и открытий, сделанных Галилеем. Назначенный ассистентом Тихо Браге в 1600 году, Кеплер жаждал описать математические законы, управляющие движением планет вокруг Солнца. Ему было позволено использовать некоторые из наблюдений Браге, но датчанин бдительно охранял свои данные. Тот факт, что всего через год Браге умер, а Кеплер благополучно унаследовал все его работы, заставил историков назвать такой ход событий грязной игрой. В 1901 году тело Тихо Браге было эксгумировано, и в его останках обнаружили следы ртути. Действительно ли он скончался от разрыва мочевого пузыря? Или же знаменитого астронома отравил Кеплер, чтобы завладеть исключительно ценными и никем не превзойденными по качеству астрономическими каталогами? Как бы то ни было, все, что нам известно о смерти Тихо Браге, мы знаем только от Кеплера. Однако повторная эксгумация тела Браге, произведенная в 2010 году, показала,

что концентрация ртути в нем была недостаточна, чтобы привести к смертельному исходу.

В течение десятилетия после ухода Браге Кеплер использовал его наблюдения для формулировки своих знаменитых трех законов движения планет.

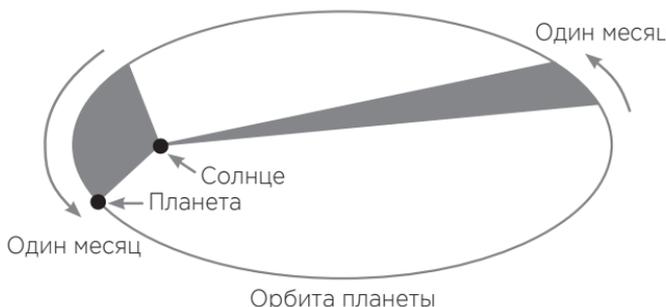
Первый закон Кеплера. Планеты вращаются по эллиптической траектории, в одном из фокусов которой находится Солнце.

Кеплер видел, что планеты вращаются вокруг Солнца не точно по круговой траектории, как предполагали в древности и даже Коперник. Вместо этого они описывают овальную фигуру, называемую эллипсом. У этой геометрической формы имеются два фокуса, или центра, — математически очень важных точек внутри замкнутой кривой. Солнце находится в одной из этих точек.

Второй закон Кеплера. Прямая, соединяющая Солнце и планету, за равные промежутки времени всегда описывает равные площади.

Следствием эллиптической формы орбит вращения планет является то, что они в разные моменты времени находятся ближе или дальше от Солнца. Вместе с тем Кеплер заметил, что линии, проведенной между Солнцем и планетой, требуется одно и то же время для покрытия одной и той же площади пространства. Проще говоря, при приближении к Солнцу скорость планет увеличивается, а при отдалении — уменьшается.

Третий закон Кеплера. Квадрат периода обращения планеты прямо пропорционален кубу ее расстояния от Солнца.



Согласно законам Кеплера орбиты планет имеют эллиптическую форму, и чем ближе планета находится к Солнцу, тем выше скорость ее движения

Фактически это означает, что чем дальше планета находится от Солнца, тем больше времени ей требуется для совершения оборота вокруг него. В действительности эта закономерность находится в рамках здравого смысла — Меркурий вращается вокруг Солнца быстрее всего, так как он должен описать самый маленький эллипс. Сатурну требуется куда больше времени, поскольку ему нужно пройти большее расстояние. Величайшим озарением пронизательного ума Кеплера стало установление точной математической взаимосвязи между этими двумя вещами. Анализируя точные наблюдения Тихо Браге, Кеплер заметил, что время обращения планет, взятое в квадрате (умноженное само на себя), связано с расстоянием планеты от Солнца, возведенным в куб (дважды помноженное на само себя).

Законы Кеплера носили эмпирический характер: они опирались на анализ непосредственных

наблюдений, а не основывались на некоторых основополагающих теоретических построениях, объясняющих, почему планеты вращаются вокруг солнца. Это более фундаментальное понимание законов придет позже, в 1666 году, когда один английский математик, вынужденный оставить Кембридж из-за чумы, как сообщалось, сидел в саду своей матери, и на его голову упало яблоко.

ИСААК НЬЮТОН И ГРАВИТАЦИЯ

Кажется, что в рассказе о Ньюtone и яблоке имеется зерно истины, но яблоко никогда не падало ему на голову. По крайней мере, если верить авторитетной биографии, озаглавленной «Мемуары о жизни сэра Исаака Ньютона», изданной в 1752 году. Автор этой биографии — Уильям Стакли — сидел за чаепитием с Ньютоном в саду после обеда, когда знаменитый ученый рассказал ему о том, что теория гравитации пришла ему в голову в тот момент, когда он наблюдал за падающим на землю яблоком.

Ключевым открытием Ньютона является то, что каждый объект во Вселенной испытывает силу притяжения к любому другому объекту во Вселенной. Яблоко испытывает притяжение к Земле, поэтому оно падает. И останавливается, прекращая дальнейшее падение, только по единственной причине — оно ударяется о землю. Ньютон

пришел к мысли, что если он сможет вытолкнуть яблоко на достаточно большую высоту и с достаточно большой скоростью, то оно останется в свободном падении где-то около Земли и поверхность планеты не окажется на его пути. Это яблоко начнет вращаться вокруг Земли. Дальнейшим прорывом в его рассуждениях стала догадка о том, что Луна вращается вокруг Земли по той же причине, по которой яблоко падает, — Луна находится в свободном падении, не имея никаких преград на своем пути. И все из-за того, что между двумя объектами действует сила гравитационного притяжения.

В 1687 году Ньютон опубликовал свои идеи о гравитации в книге под названием «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*», или Математические начала натуральной философии (которые часто сокращенно называют «Начала»). Книга содержит много других прорывных идей, имеющих огромное значение, в том числе и знаменитые три закона движения. Ньютон утверждал в своей книге, что сила гравитационного притяжения между двумя объектами во всей Вселенной пропорциональна квадрату расстояния между ними. Это означает, что если вы удвоите расстояние между двумя объектами, то сила гравитационного притяжения между ними уменьшится в четыре раза. Утройте это расстояние, и она уменьшится в девять раз. Что позволило его идеям оказать столь мощное влияние на науку, так это то, что он использовал и свои универсальные законы грави-

тации, и законы движения для доказательства законов планетарного движения Кеплера. В действительности он говорил: «Я знаю, почему планеты вращаются вокруг Солнца, и могу это доказать, потому что мои идеи дают те же результаты, что и у Кеплера».

Возьмите второй закон Кеплера, который гласит, что линия, проведенная от Солнца до планеты, покрывает равные площади за равные промежутки времени. Иначе говоря, планеты ускоряются при приближении к Солнцу и замедляются при отдалении от него. Ньютон дал объяснение такому поведению планет. Сила гравитационного притяжения между двумя объектами тем больше, чем ближе эти объекты находятся по отношению друг к другу, и тем меньше, чем они дальше друг от друга. Когда планета находится вблизи Солнца, она испытывает более сильное притяжение, в результате чего ее движение ускоряется; и наоборот, по мере увеличения расстояния между ними сила их притяжения уменьшается, а движение планеты замедляется.

Фундаментальный труд Ньютона, однако, мог и не дойти до публикации. Королевское общество растратило свой предназначенный для публикаций бюджет на издание провальной книги «История рыб». Тогда в это дело вмешался астроном Эдмунд Галлей, заплатив за публикацию труда Ньютона из собственных средств. Таким образом, он обеспечил одной из важнейших книг всех времен, научной и не только, выход в свет.

ИСААК НЬЮТОН И ПРОБЛЕМА СВЕТА

Приимерно в то же самое время, когда воображение Ньютона озарило упавшее с дерева яблоко, он занимался, помимо прочего, игрой с призмами и светом. Эксперименты с этими стеклянными кубиками не представляли собой ничего нового, так как давно было известно, что они могут производить целый спектр цветов из одного белого света. При этом превалировало мнение, что призма окрашивает свет, когда он проходит через нее. Сам по себе он чисто белый.

Ньютон опроверг эту идею при помощи очень остроумного, хотя и очень простого эксперимента. В один солнечный день в 1666 году он закрыл окно ставнями, вырезав в нем небольшое отверстие так, чтобы в комнату входил лишь один луч света. Затем он поместил на пути света призму, чтобы, как он ожидал, появилась радуга цветов. А теперь об изюминке. На пути этих цветов он поместил вторую, перевернутую призму, и, разумеется, она вновь объединила все цвета в единый белый цвет. Вопреки всем предположениям, призмы никак не способны создавать цвета. Должно быть, белый свет действительно представляет собой смешение разных цветов, которые разделяются при прохождении через призму (или воссоединяются, то есть рекомбинируются). Свои результаты Ньютон опубликовал в 1672 году.

Понимание основных свойств света является краеугольным камнем многих областей совре-

менной астрономии. Как мы в этом убедимся далее, ученые вновь и вновь обращаются к этому знанию.

ОТРАЖАТЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП

В 1668 году Ньютон сконструировал новый тип телескопа. Ранние телескопы представляли собой рефракторы — они использовали линзы для преломления, или рефракции, света. Сконструированный Ньютоном рефлекторный (зеркальный) телескоп позволял разрешить одну из самых больших проблем, связанных с рефракторами, — проблему хроматической аберрации. Линзы преломляют лучи каждого спектра света немного по-разному, точно как в призме, а это означает, что не все лучи в итоге попадают в один и тот же фокус.

В телескопе Ньютона свет входит сверху и попадает на изогнутое зеркало, расположенное на дне. Он отражается обратно вверх по трубе, попадает на второе плоское зеркало и отражается от него в сторону, где в окуляре появляется фокусированное изображение.

В настоящее время самые большие в мире телескопы являются рефлекторами, так как в отношении размеров рефракторов имеются ограничения. Свет должен проходить через линзу, которую надо поддерживать с обеих сторон. Если она будет слишком крупной, то начнет проседать под собственным весом и не сможет обеспечивать адекватную фокусировку света. Зеркало же можно поддерживать, закрепив сзади. Самый большой в мире рефрактор имеет линзу величиной в один метр — зато диаметр самого большого рефлектора немногим больше десяти метров.

РЁМЕР И СКОРОСТЬ СВЕТА

Последние десятилетия XVII века были воистину революционными для нашего понимания природы света. Над проблемой света работал не только Исаак Ньютон, сделавший очень важные и ценные открытия в области происхождения цветов, выяснением того, как быстро перемещается свет, занимался и датский астроном Оле Рёмер.

В семидесятых годах семнадцатого столетия Королевская обсерватория в Париже отправила команду астрономов в старую обсерваторию Тихо Браге, расположенную на острове Гвен, для проведения тщательных измерений четырех галилеевых спутников Юпитера. Особое внимание парижские астрономы должны были уделить тому, когда именно эти спутники становятся невидимыми из-за того, что планета затмевает их. Рёмер был местным ассистентом французского астронома Жана Пикара и впоследствии, вернувшись после работы в Ураниборге, получил работу в Париже.

Наблюдения лун Юпитера дали странный и озадачивающий результат: затмения часто случались либо раньше, либо позже предполагаемого времени, рассчитанного на основе ньютоновской теории гравитации. К началу 1676 года Рёмера озарила идея, объясняющая этот феномен и основанная на работе директора обсерватории Джованни Кассини. Оба они совершенно верно предположили, что свету требуется время для того, чтобы пройти какое-то расстояние в космосе. До этого существовало

убеждение, что скорость света бесконечна, то есть что свет распространяется от пункта А до пункта В мгновенно. Однако, как оказалось, затмения спутников Юпитера происходили раньше срока, если Земля и Юпитер находились близко друг от друга, и совершенно очевидно задерживались, когда две планеты находились на максимальном расстоянии. По расчетам Рёмера свету требовалось одиннадцать минут, чтобы преодолеть расстояние, равное расстоянию между Землей и Солнцем. Вычисленная им скорость оказалась равной 220 миллионам метров в секунду.

Сегодня мы знаем, что скорость света равна 299 792 458 метров в секунду, так что Рёмер и Кассини ошибались не намного. Но куда важнее не то, что они получили конкретное число скорости света, а сам факт того, что был окончательно решен вопрос о том, что скорость света конечна и что свету требуется время для того, чтобы достичь той или иной точки космического пространства. В нашей повседневной жизни мы никогда этого не замечаем, потому что в масштабе обычной жизни свет распространяется практически мгновенно. Этот вопрос обретает реальный смысл, а скорость света становится ощутимой только при астрономических расстояниях. Далее мы еще не раз вернемся к этому вопросу.

Одним из наиболее удобных и хорошо известных способов говорить о космических расстояниях — это рассматривать их в количестве световых лет — расстоянии, которое свет проходит за один

земной год. Таким образом, учитывая, что свет проходит 299 792 458 метров в секунду, получается, что за год свет проходит 9,46 триллиона километров. Ближайшая к нам после Солнца звезда находится на расстоянии примерно в 40 триллионах километрах — или на расстоянии 4,2 световых года. Для расположенных ближе небесных тел можно использовать световые часы, световые минуты и даже световые секунды. Плутон, например, находится на расстоянии 5,3 световых часа от Земли. Солнце — на расстоянии 8,3 световых минуты, а Луна — всего лишь 1,3 световых секунды.

КОМЕТА ГАЛЛЕЯ

В 1670-х годах оба короля — и Франции, и Англии — почти одновременно основали Королевские обсерватории с целью обеспечить эффективную навигацию на морях по звездам. В Англии директор Королевской обсерватории в Гринвиче получил титул королевского астронома. Когда в 1719 году первый королевский астроном скончался, пост перешел к его помощнику Эдмунду Галлею — человеку, частным образом финансировавшему публикацию ньютоновских «Начал».

Причина, по которой Галлей оплатил публикацию «Начал», заключалась в том, что он сам был глубоко уверен в научной мощи работы Ньютона. В 1684 году, за три года до публикации труда

Ньютона, Галлей посетил Ньютона, и оба ученых обсуждали гравитацию и то, какое отношение она имеет к кометам — ледяным глыбам, обращающимся по орбитам вокруг Солнца (хотя в то время все это были малоизвестные факты). В 1680 году по небу стремительно пронеслась ослепительная комета Кирха. Ньютон воспользовался наблюдениями за кометами, полученными Флемстидом, чтобы показать, что эта комета также подчиняется законам Кеплера — ее орбита имела эллиптическую форму и она ускорялась при приближении к Солнцу, следовательно, она так же, как и планеты, должна была испытывать воздействие гравитации Солнца.

К началу 1705 года Галлей, основываясь на работе Ньютона, создал собственный труд под названием «Краткий очерк астрономии комет». Уже зная, что кометы кружатся вокруг Солнца, он предположил, что три кометы, появлявшиеся в 1682, 1607 и 1531 годах, на самом деле представляют собой одну и ту же комету, которая возвращалась к Земле по разным орбитам. Исходя из своих наблюдений, он предсказал, что в 1758 году она снова вернется. В 1742 году Галлея не стало, так что ученый не дождался и не смог увидеть своими глазами возвращение кометы, которое произошло ровно в тот год, который он предсказал. С этого времени комета стала известна как комета Галлея, получив свое название в честь ученого.

Вооружившись новым знанием, астрономы и историки оглянулись на весь предшествующий

исторический период и обнаружили сведения о той же самой комете, которые охватывали множество поколений и континентов. Кометы, замеченные в V веке до нашей эры в Древней Греции, и кометы, наблюдавшиеся в III веке до нашей эры в Китае, имели все признаки кометы Галлея. Широко известен факт, что комета изображена даже на знаменитом гобелене из Байе. Последний раз комету Галлея наблюдали в пределах Солнечной системы в 1986 году, и ее следующее появление теперь ожидается в 2061 году.

БРЭДЛИ И АБЕРРАЦИЯ СВЕТА

Несмотря на успехи Галилея, Кеплера, Ньютона и Галлея, споры между сторонниками тихонианской и коперниканской моделями Вселенной продолжались. Причина заключалась в отсутствии неопровержимых доказательств того, что Земля на самом деле вращается вокруг Солнца.

Два астронома — Пикар в Париже и Флэмстид в Гринвиче — обратили внимание на то, что Полярная звезда, которая, казалось, находится на одном и том же месте независимо от сезонов года, на самом деле смещается в течение года немного вперед и назад. Честь дать точное объяснение этому явлению и тем самым навсегда похоронить всю геоцентрическую модель Вселенной выпала Брэдли, преемнику Галлея на посту королевского астронома.

Представьте себе звездный свет, который падает на Землю наподобие дождя. Когда вы выходите под вертикально падающий дождь, вам кажется, что он падает на ваш зонт под некоторым углом, как бы со стороны.



Когда вы оказываетесь под дождем, вам кажется, что он падает на ваш зонт под некоторым углом

На самом деле дождь не падает под углом — это впечатление возникает из-за того, что вы перемещаетесь. Аналогичным образом во время прохождения первой половины своей орбиты Земля входит под «дождь» из звездного света с одной стороны, а во время прохождения второй половины — с противоположной. Именно благодаря этому эффекту, известному как абберация света, нам кажется, что звезды слегка перемещаются на небесном своде в течение всего года. В рамках тихонианской системы с неподвижной Землей такой эффект был бы невозможным. В конце концов в 1729 году, Брэдли предоставил неопровержимое доказательство того, что мы все-таки живем в гелиоцентрической Солнечной системе Коперника.

И тем не менее католическая церковь продолжала запрещать все книги о гелиоцентризме вплоть до 1758 года.

ПРОХОЖДЕНИЕ ВЕНЕРЫ ПО ДИСКУ СОЛНЦА

С того момента, когда было окончательно установлено, что Земля всего лишь одна из множества других планет, внимание астрономов переключилось на получение точных данных о том, на каком расстоянии от Солнца она находится. В XVIII веке единственно возможным способом измерения этого расстояния было наблюдение за очень редким астрономическим явлением под названием «Прохождение Венеры по диску Солнца», которое протекало, когда Венера проходила непосредственно перед Солнцем, если смотреть с Земли, то есть когда происходило нечто похожее на миниатюрное солнечное затмение.

Если бы вам пришлось наблюдать за этим переходом с двух разных точек на Земле — чем дальше, тем лучше, — вы увидели бы, что время начала и конца этого небесного явления несколько различается, потому что вы смотрели бы на Солнце под немного разными углами. Галлей понял, что на основании этих различий во времени можно вычислить расстояние между Землей и Венерой. Далее следовало использовать третий закон Кеплера, чтобы ин-

терполировать полученные данные для вычисления расстояния от Земли до Солнца.

Однако в силу того, что планета кажется очень маленькой из-за огромного расстояния между ней и Землей, эти явления практически невозможно наблюдать невооруженным глазом, без телескопа. Эти прохождения совершаются попарно с перерывом в восемь лет между ними, но затем следующей пары придется ждать больше столетия.

Иоганн Кеплер предсказал прохождение Венеры в 1631 году, основываясь на своих законах движения планет, — это было первое подобное предвидение. Он оказался прав; но так как это небесное явление происходило, когда в Европе была ночь, никто не смог его наблюдать. Английский астроном Джереми Хоррокс точно предсказал другой переход Венеры, который предполагался в 1639 году, и, увидев его из своего дома вблизи Престона, оказался первым человеком, который когда-либо наблюдал это астрономическое явление. В 1691 году Эдмунд Галлей, опираясь на эти события, придумал метод вычисления расстояния до Солнца, но астрономам пришлось подождать до следующих двух прохождений в 1761 и 1769 годах, чтобы предпринять согласованные усилия и начать учитывать их в своих вычислениях.

Важность этих измерений — а также редкая возможность их проводить — была столь велика, что астрономы XVIII века прилагали невероятные усилия для того, чтобы не упустить шанс, который предоставлялся только дважды за столетие. Евро-

пейские обсерватории отправляли целые команды астрономов по всему миру, чтобы произвести наблюдения прохождений Венеры в 1761 и 1769 годах и увеличить число точек наблюдения на земном шаре, гарантируя то, что погода не помешает их работе. Если одна команда окажется закрыта облаками, другой может повезти, и небо над ней будет чистым.

Королевское общество наняло и снарядило корабль Его Величества «Эндевор» под командованием капитана Джеймса Кука, чтобы оно направилось к берегам Таити для наблюдения за затмением 1769 года. Кук вез с собой запечатанный приказ британского правительства с предписанием, что они должны делать после того, как прохождение планеты совершится, — им полагалось начать поиски предполагаемого неоткрытого континента в Тихом океане, о котором ходило много слухов. Как известно, 29 апреля 1770 года, корабль причалил к берегу в заливе Ботани (современный Сидней), и новая местность стала первым европейским поселением в континентальной Австралии.

Измерения параметров прохождения Венеры, проведенные из Таити, в дальнейшем были использованы для вычисления расстояния от Земли до Солнца, которое оказалось равным 93 726 900 миль (150 838 824 километра). Современные значения этого расстояния составляют 149 600 000 километров, так что астрономы XVIII века были удивительно близки к истине, особенно если учесть их ограниченные технические возможности.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ (ВЗВЕШИВАНИЕ МИРА)

Астрономам также не терпелось узнать, сколько весят планеты. В XVIII веке даже масса Земли оставалась нераскрытой тайной. Эдмунд Галлей, при всех его успехах в исследовании комет, полагал, что Земля полая. В 1774 году один из его преемников на посту королевского астронома — Невил Маскелайн — доказал, что это не так.

Со времен ньютоновских «Начал» был известно, что каждый объект находится под воздействием сил гравитационного притяжения по отношению ко всем другим объектам во Вселенной. Чем ближе находятся объекты, тем сильнее притяжение. Сам Ньютон рассматривал возможность использования этого факта для измерения веса Земли. Он представлял себе маятник, установленный вблизи огромной горы. Груз, подвешенный на конце маятника, должен был испытывать на себе действие трех сил: сила гравитации будет тянуть его в направлении горы и в направлении Земли, а напряжение струны будет направлено вверх. В итоге груз будет свисать под некоторым углом по отношению к вертикали, с наклоном в сторону горы. Следовательно, совместное притяжение горы и Земли будет равняться величине напряжения струны, на которой висит груз. Измерив массу горы и определив угол отклонения груза, можно было бы с помощью уравнений Ньютона вычислить массу Земли.

Ньютон отказался от эксперимента по практическим соображениям, предположив, что измерение отклонения груза будет слишком трудоемким мероприятием. Но Маскелейн решился на него. Он выбрал пик Шихаллион в Шотландии высотой 1083 метра по причине его симметричной и конической формы. Вычислить объем конуса сравнительно легко, и если вам известна плотность породы, из которой состоит гора, то вычислить ее массу совсем не сложно. Маскелейн установил наблюдательные пункты по обеим сторонам горы и вопреки трудностям, связанным с ужасной погодой, в конце концов сумел измерить угол отклонения маятника, опираясь на звезды в качестве отправной точки. После этого землемер Чарльз Хаттон начал вычислять объем горы. Для того чтобы облегчить себе задачу, он разделил гору на секции при помощи изобретенных им контурных линий.

Команда Маскелейна вычислила среднюю плотность Земли как равную 4,5 грамма на кубический сантиметр (современные значения составляют 5,5 граммов на кубический сантиметр). Учитывая, что средняя плотность горы Шихелион составляла всего $2,5 \text{ г/см}^3$, было очевидно, что под поверхностью Земли находится значительно более тяжелый, чем гора, материал — таким образом, наша планета не могла быть полой. Вплоть до этого момента плотности Солнца, Луны и планет были известны только как многократно большие, чем плотность Земли. Поскольку средняя плотность Земли была

вычислена, астрономы получили возможность также строить предположения относительно масс и плотностей всех других крупных объектов в Солнечной системе. Таким образом, одна гора в Шотландии фактически установила шкалу для всего семейства вращающихся вокруг Солнца небесных тел.

Таблица 2

| Объект | Масса | Плотность |
|----------|----------------------------|-----------------------|
| Земля | 5,97 × 10 ²⁴ кг | 5,5 г/см ³ |
| | в сравнении с Землей | |
| Солнце | 333 000 | |
| Луна | 0,01 | 0,61 |
| Меркурий | 0,06 | 0,98 |
| Венера | 0,82 | 0,95 |
| Марс | 0,11 | 0,71 |
| Юпитер | 317,8 | 0,24 |
| Сатурн | 95,2 | 0,13 |
| Уран | 14,5 | 0,23 |
| Нептун | 17,1 | 0,30 |

ГЕРШЕЛЬ И УРАН

13 марта 1781 года Уильям Гершель за одну ночь удвоил размеры известной Солнечной системы. Из своего дома в Бате в Англии он обнаружил совершенно новую планету, находящуюся в два раза дальше от Солнца, чем Сатурн. Поскольку все другие планеты были известны еще

со времен античности, это был первый раз, когда планета была действительно «открыта». Оказалось, что многие астрономы, в том числе и несколько королевских астрономов в Гринвиче, наблюдали за ней до этого, но из-за того, что она движется по эллиптике очень медленно, ее всегда ошибочно принимали за неподвижную звезду. Гершель сначала принял ее за комету, но постепенно осознал ее истинную природу.

Однако потребовалось почти столетие, чтобы достигнуть всеобщего согласия относительно имени этой новой находки. Будучи первооткрывателем, Гершель имел право дать наименование этому новому объекту, и он выбрал название *Georgium Sidus*, или Звезда Георга, в знак признательности королю Георгу III, который принял Гершеля на работу в качестве астронома. Можно представить, что в других странах это имя не было столь же популярно.

В 1782 году в качестве нейтральной альтернативы было предложено другое имя для нового объекта — «Уран», по имени древнегреческого бога неба, поскольку Уран был отцом Хроноса (Сатурна), который, в свою очередь, был отцом Зевса (Юпитера). Однако должно было пройти немало времени, прежде чем в 1850 году это имя наконец-то было признано официально. Это имя ставит планету в особое положение. Все другие планеты (за исключением Земли) названы по именам римских богов, Уран же — единственная планета с греческим именем.

ГЕРШЕЛЬ И ИНФРАКРАСНЫЙ СВЕТ

В 1800 году Гершель сделал открытие, которое, возможно, имело даже большее значение, чем обнаружение новой планеты: он открыл совершенно новую форму света. Так же, как и Ньютон более ста лет назад, Гершель экспериментировал с призмами. Он заподозрил, что между цветом и температурой имеется какая-то связь. Поэтому он пропустил солнечный свет сквозь призму, разложив термометры в тех местах, куда падали различные по цвету спектры света, производимые призмой. В итоге ученый обнаружил, что самая высокая температура отмечается в красном конце спектра. Но затем Гершель сделал нечто необычное: он подвинул термометр еще дальше, мимо красного спектра, в то место, где, казалось, вообще не должно было быть света. Однако в этой области его термометр зафиксировал еще более высокую температуру, чем в какой-либо цветовой области спектра.

Гершель пришел к выводу, что за пределами красного конца спектра света должны быть какие-то «тепловые лучи». Его дальнейшие эксперименты с этими лучами показали, что эти части света ведут себя точно так же, как и обычные световые лучи. Сегодня мы знаем эти «тепловые лучи» как инфракрасное излучение. Это невидимый глазу свет, излучаемый теплыми объектами — именно по этой причине современные инфракрасные камеры используются для улавливания признаков теплового излучения при полицейской погоне, на полях сражений и зонах бедствий.

Открытие Гершеля стало первым указанием на существование света за пределами видимости нашего глаза. Точно так же, как существуют звуки со слишком низкой или слишком высокой для нашего слуха частотой, из-за чего мы их не можем воспринять, существует и свет со слишком низкой или слишком высокой для нашего зрения частотой, чтобы мы могли его видеть. В современной физике полный спектр световых частот называется спектром электромагнитного излучения. Он начинается от радио- и микроволн низкочастотного конца спектра и, продолжаясь в инфракрасной и видимой полосе света, заканчивается ультрафиолетовым светом, рентгеновскими и гамма-лучами. Астроном назвал бы все это просто светом.

Все первые телескопы были чувствительны к тому свету, который способен видеть наш глаз, — видимому свету. Однако в распоряжении современных астрономов имеется целый набор телескопов, улавливающих свет всех частот, начиная от радиоволн и заканчивая гамма-лучами. Если бы мы ограничились только видимым светом, мы пропустили бы огромное количество информации, поступающей на Землю из космоса.

Когда в 2009 году Европейское космическое агентство запустило самый крупный из когда-либо существовавших инфракрасный космический телескоп, ему было присвоено имя «Гершель» в знак признательности и в честь величайшего открытия, сделанного этим ученым.

ОТКРЫТИЕ НЕПТУНА

Если открытие Урана сделано случайно, после того как на него непреднамеренно натолкнулись, то Нептун был открыт в результате целенаправленных поисков. Тщательно изучая орбиту Урана в течение всего десятилетия после его открытия, астрономы установили некоторые нестыковки. Планета не всегда находилась в той точке, в которой должна была находиться в соответствии с уравнениями Кеплера и Ньютона.

Но очень быстро стало ясно, что ошибок в законах нет. То, что наблюдали астрономы, было следствием существования какой-то другой, более отдаленной планеты, которая оказывала воздействие на орбиту Урана. Когда Уран приближается к этой неизвестной и невидимой планете, он притягивается к ней, и его движение ускоряется. Как только Уран проходит мимо этой планеты, она старается притянуть его обратно, и он начинает немного замедляться.

Французский математик Урбен Лавуазье на основе уравнений Кеплера и Ньютона вычислил предполагаемое местоположение, в котором должна находиться невидимая планета, искажающая орбиту Урана. После Лавуазье отправил свои вычисления немецкому астроному Иоганну Галле в Берлин, а тот направил свой телескоп в то самое место на небосклоне, о котором сообщал Лавуазье. Он обнаружил там планету Нептун, дожидаясь своего открытия (она находилась в пределах одного гра-

дуса от того места, на которое указал Леверье). При ретроспективном взгляде оказалось, что, так же как и Уран, Нептун был несколько раз замечен до этого (в том числе и Галилеем), но из-за небольшой скорости движения его трудно было отличить от неподвижной звезды.

ЭЙНШТЕЙН И ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Самое знаменитое уравнение во всей науке, звучащее как $E = mc^2$, появилось на свет в 1905 году, когда Альберт Эйнштейн опубликовал свою специальную теорию относительности. Эта теория гласит, что энергия (E) эквивалентна массе (m).

Для того чтобы узнать, как много энергии заключено в объекте, нужно умножить его массу на скорость света (c), возведенную в квадрат.

Тот год стал свидетелем настоящего рассвета творчества Эйнштейна — он опубликовал еще две работы, каждая из которых являлась поворотной для науки. Одна из них впоследствии в 1921 году принесет ему Нобелевскую премию в области физики за открытие того, что свет состоит из частиц, называемых фотонами. Открытия Эйнштейна кажутся особенно удивительными, если учесть, что он на тот момент был академическим аутсайдером и работал в должности патентного служащего в Берне в Швейцарии.

Теория относительности продвигает работу Оле Рёмера в области природы света на шаг вперед. Эйнштейн утверждал, что скорость света конечна, и эта скорость также является предельной во всем космическом пространстве.

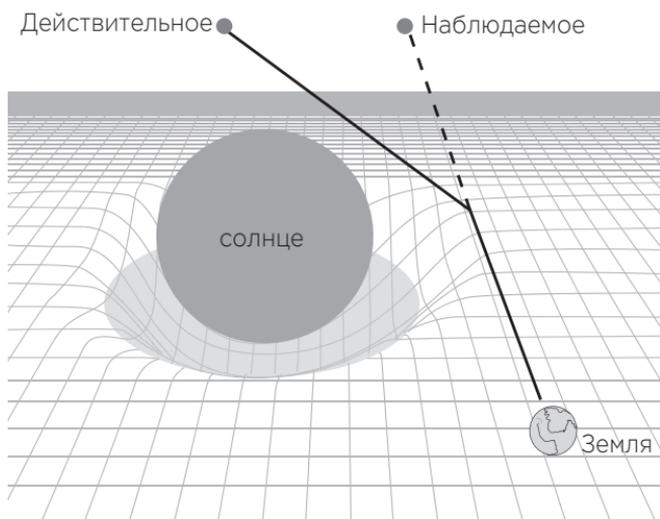
Эта идея естественным образом вытекает из уравнения $E = mc^2$. Чем быстрее движется объект, тем больше его энергия. Но из этого уравнения следует, что чем больше энергия, тем больше масса. Объектам с большей массой труднее передвигаться, поэтому они требуют и большей энергии для своего ускорения. Двигаясь еще быстрее, они становятся еще тяжелее. В итоге быстродвигающиеся объекты становятся настолько тяжелыми, что им понадобится бесконечное количество энергии, чтобы ускориться еще хоть немного. Эта предельная величина является скоростью света.

ЭЙНШТЕЙН И ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Не довольствуясь только тем, что он одарил мир своей специальной теорией относительности, в 1915 году Эйнштейн опубликовал общую теорию относительности. Этой работой ученый революционизировал наше представление о гравитации.

Ньютон рассматривал гравитацию как всеобщее тяготение, распространяемое массивными объектами по всей Вселенной. Согласно его взгля-

дам, в этом и состояла причина того, что Земля вращается вокруг Солнца. В отличие от Ньютона, Эйнштейн предполагал, что Земля вращается из-за того, что Солнце меняет форму окружающего его пространства. Эйнштейн объединил три измерения пространства и одно измерение времени в единую четырехмерную структуру, назвав ее пространством-временем, которое, по его утверждению, искривляется под воздействием массивных объектов.



Эйнштейн утверждал, что массивные объекты искривляют четырехмерную структуру, называемую пространство-время, и что это приводит к отклонению света, идущего от далеких звезд

Классическим способом представления этого пространства-времени является представление его в виде простыни с хорошо закрепленными

ми концами. Если в центр простыни положить шар для боулинга, который будет представлять солнце, простыня прогнется, образуя углубление — или колодец — в центре. Возьмем теннисный мяч, который будет изображать Землю, покатаем его вокруг края колодца, и он будет вращаться вокруг шара для боулинга.

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН (1879–1955)

Ни один из ученых ни до, ни после него не достиг такой известности и славы, как Альберт Эйнштейн. Его лицо смотрит на нас отовсюду — с одежды, постеров и кружек по всему миру. Его работы сегодня так же актуальны, как и в момент их публикации, а физики продолжали искать доказательства того, что он прав, на протяжении всего столетия с момента, когда его специальная и общая теории относительности были опубликованы. Правильно это или нет, но его седовласое, немного безумное профессорское лицо превратилось в стереотипный образ гениального ученого.

Он, безусловно, прожил яркую, колоритную жизнь. В 1903 году он женился на студентке своего коллеги-физика, Милеве Марич, но впоследствии завязал роман со своей первой кузиной Эльзой. Эльза и Альберт позднее, в 1919 году, поженились и прожили вместе до ее смерти, наступившей в 1936 году. Говорили, что Альберт был убит горем.

Будучи немецким евреем по рождению, Эйнштейн переехал жить в Америку после того, как к власти в Германии пришел Адольф Гитлер,

и в 1940 году принял американское гражданство. В 1952 году ему предложили пост президента Израиля, но Эйнштейн предложение отклонил. Ученый скончался в 1955 году от аневризмы, а его мозг во время вскрытия был извлечен из черепа для дальнейших исследований в области человеческого интеллекта без разрешения Эйнштейна.

Астрономам было давно известно о том, что ньютоновская теория гравитации не может объяснить некоторые странности в поведении Меркурия. Когда же Эйнштейн применил к проблеме Меркурия свою идею искривленного пространства-времени, она идеально подошла к ней. Однако для абсолютной уверенности, требовался дополнительный способ проверки. Секрет состоял в том, чтобы приспособить для этого уникальное обстоятельство солнечного затмения.

И Эйнштейн, и Ньютон были едины во мнении, что гравитация Солнца является причиной отклонения света, идущего от далеких звезд, но они расходились в оценке того, насколько велико это отклонение. В 1919 году британского астронома Артура Эддингтона послали на крошечный африканский остров Принсипи для прояснения этого вопроса. Обычно на дневном небе звезды, находящиеся очень близко к Солнцу, не видны. Однако во время солнечного затмения Луна очень кстати блокирует

сияние солнца. Эддингтон воспользовался этим обстоятельством для того, чтобы сделать фотоснимки звезд, находящихся вблизи Солнца.

И действительно, звезды оказались именно там, где они должны быть согласно утверждению Эйнштейна, смещенными от нормального положения так, как если бы свет следовал по пути в пространстве-времени, искривленному из-за наличия Солнца. На сегодня общая относительность остается для нас лучшей теорией гравитации, и пока что она с успехом прошла эти и все другие проверки, которым ее подвергали.



Caput medusae

Dactylon

Piscis

Andromeda

Perseus

Cassiopeia

Cepheus

Virgo maior

Virgo minor

Ictum

Aquila

Draco

Hercules

Ophiuchus

Corona borealis

Anguis

Bootes

СОЛНЦЕ, ЗЕМЛЯ И ЛУНА

СОЛНЦЕ

ИЗ ЧЕГО ОНО СОСТОИТ?

Как можно узнать, из чего состоит что-то, что находится в 150 миллионах километров от нас? Особенно если это что-то настолько горячее и яркое, что к нему совершенно невозможно приблизиться хоть на шаг без риска быть насмерть обожженным? Так же, как и со всеми вещами в астрономии, ответ кроется в том свете, который поступает к нам от Солнца.

В первой главе мы уже видели, как можно воспользоваться призмой для расщепления белого света на его составные части — отдельные спектры цвета. В начале 1800-х годов немецкий физик Йозеф фон Фраунгофер обнаружил, что цветовой спектр солнечного света не является непрерывным — он содержит серию из более пятисот черных линий, в настоящее время известных как линии Фраунгофера.

В 1850-х годах два немецких ученых — Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф — дали объяснение этому феномену, показав, почему они там находятся. Как оказалось, эти линии просто-напросто обозначают пропущенные цвета — пробелы в спектре, появившиеся из-за того, что разные вещества, существующие на Солнце, поглощают определенные цвета или частоты спектра солнечного света, не позволяя этим цветам достичь Земли.

Эти линии, по существу, представляют собой химические штрихкоды, скрывающие жизненно важную информацию о том, из чего состоят источники света. Это уникальные отпечатки пальцев Солнца. Разогревая различные химические элементы в лабораторных условиях, Бунзен и Кирхгоф сопоставляли их «линии абсорбции» с такими же для солнечного спектра (для целей своих экспериментов Бунзен изобрел нагревающее устройство, которое с тех времен носит его имя). Оказалось, что Солнце в основном состоит из водорода — самого легкого элемента во Вселенной.

Между тем в 1868 году Солнце поставило астрономам подножку. В тот год французский астроном Пьер Янссен, наблюдая за солнечным затмением, обнаружил линию абсорбции, не соответствующую ни одному из известных элементов. В этот же год английский астроном Норман Локьер заметил идентичные линии, когда наблюдал за Солнцем. Локьер со своим коллегой-химиком Эдвардом Франклендом назвали новый элемент «гелием» от греческого слова *helios*, что значит «солнце». Позднее этот эле-

мент был найден и на Земле, и это был первый случай, когда элемент сначала обнаружили в космосе. Благодаря новому методу анализа спектральных линий, сегодня известного как метод спектроскопии, теперь мы знаем, что Солнце на 73% состоит из водорода, на 25% — из гелия, а остальные 2% приходятся на другие элементы, такие как кислород, углерод и железо.

ЧТО УПРАВЛЯЕТ СОЛНЦЕМ?

Солнце жжет нашу кожу с расстояния почти 150 миллионов километров. Вопрос о том, что является источником энергии этой огромной печи, был одним из самых насущных и животрепещущих для физиков конца XIX века.

Развитие геологии и биологии, в том числе и работы Дарвина по эволюции посредством естественного отбора, послужили намеком на очень старую Землю. С учетом того, что Солнце еще старше, обнаружение источников его энергии становилось еще более затруднительным. Одно дело — установить процесс, способный поддерживать Солнце в течение миллионов лет, и совсем другое — *миллиардов*.

Многие викторианские научные светила наотрез отказывались верить в столь широкие временные рамки. Лорд Кельвин — ведущий эксперт в вопросах тепла и энергии — видел источник солнечной энергии в гравитации. Поскольку солнечный материал,

из которого оно состоит, сдавливается в направлении его центра, в этом же направлении повышается и давление, и температура. Именно эту конверсию гравитационной энергии в тепловую энергию Кельвин считал источником энергии солнца. Однако, по его подсчетам, солнце должно было растратить всю эту энергию примерно за 30 миллионов лет. Следовательно, оно должно быть моложе, если оно все еще продолжает светить, и по этой причине Кельвин в 1862 году публично отверг предположения Дарвина относительно возраста Земли, который, по мнению автора эволюционной теории, составляет миллиарды лет.

Однако прав оказался Дарвин, а не Кельвин. Недостающее звено в головоломке было найдено в 1905 году, когда Эйнштейн опубликовал свою знаменитую формулу $E = mc^2$. Согласно этой формуле энергия (E) и масса (m) в сущности это одно и то же, и вы можете преобразовать одно в другое. Помножив массу на скорость света (c) в квадрате, вы получаете количество энергии, которая имеется в вашем распоряжении. Вместе с тем здесь есть одна загвоздка: высвобождение энергии из массы требует экстремально высокого давления и температуры.

В 1920 году британский астроном Артур Эддингтон первым описал действительный механизм, поддерживающий энергию Солнца: синтез. Гелий может образоваться в результате слияния атомов водорода под воздействием экстремально высокого давления и температуры, какие отмечаются в центре солнеч-

ного шара. Важно, однако, что масса образующегося гелия немного меньше первоначальной массы водорода. Эта недостающая масса и является источником солнечной энергии — именно она преобразуется в энергию Солнца согласно знаменитой формуле Эйнштейна. Ежесекундно на Солнце происходит слияние и последующее превращение 620 миллионов тонн водорода с образованием 616 миллионов тонн гелия. Недостающая масса в 4 миллиона тонн преобразуется в солнечный свет.

АРТУР ЭДДИНГТОН (1882–1944)

В начале XX века Эддингтон был одной из самых важных фигур в астрономии. Родившись в северо-западной Англии в семье квакеров, он намеревался получить статус отказника от воинской службы по религиозным соображениям, чтобы избежать участия в Первой мировой войне, но ему было предоставлено освобождение от призыва в армию вследствие огромной важности его астрономических работ.

Когда в 1915 году Эйнштейн опубликовал свою общую теорию относительности — что произошло в Германии во время войны, — Эддингтон оказался одним из немногих астрономов, способных понять смысл и значение этой работы, поэтому он начал заниматься распространением его основных идей среди англоязычных ученых. Успешная проверка положений общей относительности в момент солнечного затмения в 1919 году сделала имя Эйнштейна нарицательным. Тем временем Эддингтон продолжал вносить важный вклад в наше понимание жизненного цикла звезд,

в том числе вычислив показатель предела Эддингтона — величину максимально достижимой яркости звезды, которая зависит от ее размера.

Однако не все его работы и идеи прошли проверку временем и дальнейшим ходом развития астрономической науки. В 1930-х годах индийский астрофизик Субрахманьян Чандрасекар предположил на основании общей теории относительности существование черных дыр — идею, которую Эддингтон публично высмеивал. Чандрасекар никогда не забывал этого унижения, но в итоге был удовлетворен, когда в 1983 году получил Нобелевскую премию по физике.

Несмотря на ненасытную прожорливость Солнца в отношении водорода, у него все еще остается в запасе достаточно материала для синтеза, чтобы обеспечить свое существование на протяжении еще 5 миллиардов лет. В главе 4 мы рассмотрим, что произойдет после того, как источники энергии Солнца будут полностью исчерпаны.

Точное описание превращения водорода в гелий было получено в 1939 году, когда немецко-американский физик Ханс Бете опубликовал предварительную работу о протон-протонном цикле (пп-цикл), в котором четыре протона (ядра водорода), сливаясь, образуют ядро атома гелия. Несмотря на то что в ядре Солнца этот процесс протекает приблизительно 90 триллионов триллионов триллионов раз в секунду, процесс слияния отдельных протонов может занимать миллионы лет.

ПРОБЛЕМА СОЛНЕЧНОГО НЕЙТРИНО

У нас нет возможности заглянуть внутрь Солнца и понаблюдать за пп-циклом в действии. Но мы можем предсказать, сколько энергии должно будет излучать Солнце, если именно это является его источником энергии. И сопоставить два числа.

Между тем существовала трудноразрешимая, неотступная проблема, мучившая астрономов вплоть до XXI века: на Землю от Солнца поступало недостаточное количество нейтрино. Нейтрино — это мельчайшие, почти невесомые субатомные частицы. Они также являются побочными продуктами пп-циклов Бете и, устремляясь от Солнца, распространяются по всей Солнечной системе. Но эти частицы невероятные индивидуалисты, они, никуда не отклоняясь, напрямик проходят через обычное вещество, подобно призракам. Ежесекундно через каждый квадратный сантиметр вашего тела проходит больше солнечных нейтрино, чем количество людей на Земле. Однако они не наносят нам никакого вреда.

С начала 1960-х годов физики разрабатывали все более изощренные эксперименты, которые позволили бы им уловить хоть небольшую горсточку этих частиц в момент их прохождения сквозь нашу планету. Однако они сразу же заметили, что на Землю поступает недостаточное количество этих частиц. Ученым удалось зафиксировать лишь примерно треть того количества нейтрино, которое было предсказано на основе пп-циклов. Предположительно

это объяснялось тем, что нейтрино видоизменяется — меняет «аромат», — превращаясь на своем пути к Земле в два других типа нейтрино. Следовательно, предыдущие эксперименты с нейтрино, чувствительные только к одному его типу, игнорировали два других типа этих частиц. Поэтому они регистрировали только треть того, что ожидали получить.

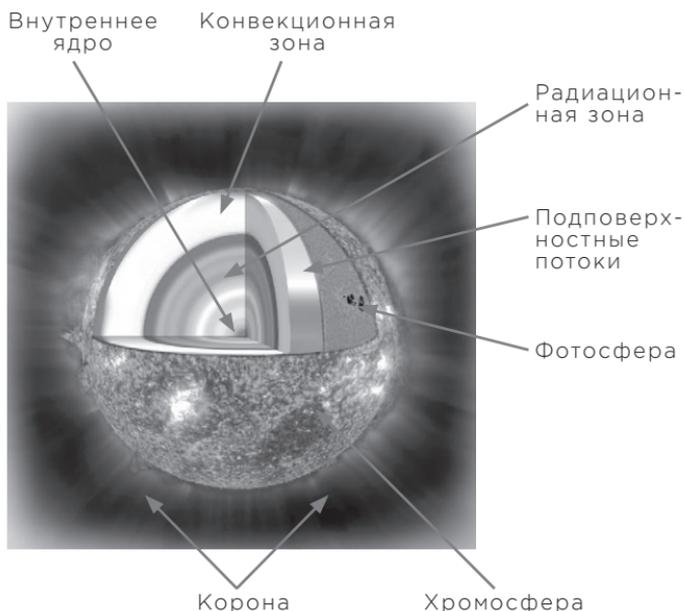
В период между 1998 и 2006 годом эксперименты в Америке и Японии показали, что в действительности имеются три разновидности нейтрино и каждая конкретная частица может переходить, или осциллировать, в одну из этих разновидностей. С учетом этих осцилляций, количество нейтрино, приходящих на Землю, оказывается ровно таким, каким оно должно бы быть, если бы pp-цикл являлся источником энергии Солнца.

ЭПИЧЕСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ СОЛНЕЧНОГО СВЕТА

Представьте, что вы разрезаете Солнце пополам, чтобы увидеть его слои. Точно в центре вы увидели бы его ядро, занимающее примерно четверть внутреннего слоя. Именно здесь гравитационное давление, оказываемое лежащим сверху веществом, вызывает подъем температуры и давления до уровней, достаточно высоких, чтобы синтезировать гелий из водорода посредством pp-цикла. Температура колеблется в районе 15 миллионов градусов по

Цельсию, а давление настолько высокое, что ядерное вещество достигает плотности в тринадцать раз большей, чем плотность свинца.

Свет выходит из ядра в радиационную зону, простирающуюся на 70% ширины Солнца. По мере выхода и отдаления от ядра температура постепенно снижается до тех пор, пока на вершине радиационной зоны не становится равной примерно 1,5 миллиона градусов по Цельсию. В то время как плотность вещества также постепенно снижается, частицы продолжают оставаться вблизи ядра в уплотненном состоянии. В среднем частица света не может продвинуться больше чем на сантиметр до того, как она налетает на что-либо и сбивается с курса.



Солнечный шар подразделяется на множество слоев, идущих от центра к его наружной короне

Если бы вы прослеживали путь отдельно взятой частицы света (фотона), вам пришлось бы ждать от 100 тысяч до 1 миллиона лет, чтобы увидеть, как она появляется из этой невообразимой сумасшедшей радиационной зоны, напоминающей машину для игры в китайский бильярд. Часто можно слышать, как люди говорят, что возраст видимого нам света составляет восемь минут, — именно столько времени необходимо свету, чтобы достичь поверхности Земли. Это время путешествия света, начинающегося от края Солнца, но свет зарождается не на краю, а в солнечном ядре. К тому времени, когда свет достигает наших глаз, ему уже исполняется 100 тысяч лет.

Переход через зону конвекции происходит значительно стремительней. Обычно для высвобождения энергии требуется всего три месяца. Как только свет достигает зоны конвекции, он абсорбируется газом. Это приводит к нагреванию газа, что делает его легче, и он поднимается еще выше по направлению к краю солнечного диска. Здесь он охлаждается, становится тяжелее и опускается обратно, вытесняя более теплую материю. В результате таких циклов конвекции энергия выводится из краевой части радиационной зоны в фотосферу — видимый наружный слой солнечного шара, который мы можем наблюдать. По мере того как атомы, находящиеся в краевой части конвекционной зоны, охлаждаются, происходит высвобождение энергии в форме света, который теперь может устремиться вовне и осветить всю Солнечную систему.

Теперь, когда вы в следующий раз почувствуете тепло солнечного света на своем лице и будете ку-

пать в его лучах, возраст которых не меньше миллиона лет, остановитесь на мгновение, чтобы призадуматься о том, какой колоссальный путь проделала солнечная энергия, высвободившаяся из солнечного ядра и достигшая поверхности нашей кожи.

НАРУЖНЫЕ СЛОИ СОЛНЕЧНОГО ШАРА

Структура солнца не заканчивается фотосферой, имеются также значительно более тонкие слои, обрамляющие его, а именно хромосфера и корона. Хромосфера является обиталищем 500-километровых струй — своеобразных молний в виде трубок-конусов синего цвета, называемых спикулами. В каждый конкретный момент времени на Солнце имеются сотни тысяч таких спикул.

Температура падает в направлении от ядра к фотосфере, но затем, по мере выхода из фотосферы, внезапно начинает расти, достигая 8 тысяч градусов по Цельсию на вершине хромосферы. Температура продолжает увеличиваться и при переходе через узкий 100-километровый коридор под названием транзитная зона, а достигнув основания короны, достигает до 500 тысяч градусов по Цельсию. В пределах солнечной короны температура возрастает до миллионов градусов по Цельсию. Никто в действительности не знает, почему Солнце внезапно и вновь начинает разогреваться — эта проблема коронального разогрева является основной темой в современных исследованиях Солнца.

Это означает, что физики, работающие в области исследований Солнца, намерены как можно тщательнее изучить корону, однако ее очень тонкую натуру затмевает блеск нижележащих слоев.

Раньше нужно было ждать полного солнечного затмения, когда Луна создавала благоприятные для наблюдений условия, закрыв остальную часть Солнца. Но в настоящее время в нашем распоряжении появились современные телескопы для исследования околосолнечного пространства, оборудованные коронографами — специальными дисками, блокирующими Солнце и создающими искусственное затмение, чтобы астрономы имели возможность регулярно исследовать солнечную корону.

Эти глаза, направленные на Солнце, фиксируют не только видимый свет. Они чувствительны и к другим частям электромагнитного спектра, включая ультрафиолетовый и рентгеновский спектры. Такие наблюдения позволили обнаружить корональные дыры — темные околополюсные области, которые почти не излучают радиацию. Возникнув, эти области продолжают существовать месяцами и являются источником высокоскоростных солнечных ветров.

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ РОТАЦИЯ

Солнце — это далеко не неизменный желтый шар, появляющийся на нашем небосводе. Напротив, это не-

вероятно динамичное и стремительно меняющееся небесное тело с бурлящей поверхностью и постоянно меняющимися очертаниями, сформированное под воздействием интенсивной магнитной активности.

Солнце — это гигантский магнит. Вы наверняка помните из школы тот заезженный эксперимент с магнитным бруском и железными опилками. Опилки выстраивались ровными рядами вдоль линий невидимого магнитного поля, пролегающих между его северным и южным полюсами. И у Солнца, и у Земли имеются аналогичные магнитные поля, пролегающие от одного полюса до другого. Наше магнитное поле закономерно сходно с полем магнитного бруска, потому что Земля вращается как единое твердое тело. Однако Солнце представляет собой вихрящийся колыхающийся шар, состоящий из чрезвычайно перегретого газа под названием плазма. Не являясь единым цельным телом, Солнце на экваторе вращается на 20% быстрее, чем на полюсах. Астрономы называют это явление дифференциальным вращением, или ротацией.

В итоге магнитное поле на экваторе растягивается быстрее, чем на полюсах. Это приводит к тому, что общее магнитное поле Солнца становится значительно более сложным из-за того, что оно скручивается и запутывается. Во многом так же, как и в скрученной пружине или резиновом поясе, в результате этого процесса происходит накопление энергии вдоль магнитных линий. Мы наблюдаем высвобождение этой скрытой энергии в форме специфических проявлений и извержений на поверхности Солнца.

СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА

Солнечные пятна — одни из самых заметных и очевидных явлений на поверхности Солнца — затемнения, часто появляющиеся группами. Первым эти пятна еще в начале XVII века заметил Галилей, наблюдавший за небом в телескоп, но сообщения о солнечных пятнах, видимых невооруженным глазом, появлялись на протяжении более двух тысяч последних лет. И это вполне вероятно, поскольку некоторые солнечные пятна вырастают до размеров, равных более чем 10% от общего диаметра солнечного диска — или до 160 тысяч километров. Это в 12,5 раза шире, чем диаметр земного шара. Солнечные пятна, как правило, существуют от нескольких дней до нескольких недель, однако некоторые из наиболее устойчивых долгожителей остаются на поверхности Солнца месяцами.

В течение многих лет объяснения происхождения этих пятен варьировались от предположений, что они вызваны штормами в солнечной атмосфере, до подозрений в том, что это синяки или кровоподтеки, за которые ответственны кометы камикадзе. Средняя температура фотосферы равна приблизительно 5,5 тысяч градусов по Цельсию, тогда как температура на солнечных пятнах в большинстве случаев варьируется от 3 тысяч до 4 тысяч градусов по Цельсию. Мощные локальные магнитные поля в районе локализации солнечных пятен по возможности препятствуют подъему тепла вверх из нижележащей конвекционной зоны. Именно поэто-

му солнечные пятна часто появляются парами — по одному на каждый полюс.

Еще со времен Галилея астрономы постоянно и подробно фиксировали количество солнечных пятен. Была установлена четкая модель изменения их числа — их количество достигало максимума ровно через каждые одиннадцать лет, после чего они постепенно исчезали и затем появлялись вновь.

АННИ МАУНДЕР (1868–1947)

Родившись в Северной Ирландии, Маундер (урожденная Рассел) получила образование в Кембридже, прежде чем стать одним из «человеческих компьютеров» в Королевской обсерватории в Гринвиче. Ей было поручено делать снимки Солнца и производить вычисления. Здесь же, в Гринвиче, она встретила со своим коллегой-астрономом Уолтером Маундером, за которого в 1895 году вышла замуж. В соответствии с социальными установками и традициями своей эпохи она была вынуждена после замужества официально уволиться и оставить работу.

Однако пара продолжала вместе работать в области исследований строения Солнца и в особенности над проблемой солнечных пятен. Проанализировав исторические сведения об их появлении, они обнаружили корреляцию между низким числом пятен и периодом низких температур на Земле. Теперь период между 1645 и 1715 годом известен как минимум Маундера, или более распространено — Малый ледниковый период.

Маундер, будучи великим пропагандистом астрономических знаний среди широкой публики, была одной из первых женщин, избранных в члены Королевского астрономического общества, после того как в 1916 году запрет в отношении женщин был снят. Сегодня Королевское астрономическое общество присуждает ежегодную медаль имени Анни Маундер самым достойным пропагандистам знаний о космосе.

Другие формы солнечной активности — вспышки на Солнце, протуберанцы и корональные выбросы массы, которые мы рассмотрим в следующем разделе, — также следуют этой тенденции. Требуется ровно одиннадцать лет дифференциального вращения, чтобы развернуть магнитное поле Солнца настолько, чтобы оно переключилось, только для того, чтобы перестроиться и снова свернуться.

Астрономы также установили наличие и других моделей развития солнечной активности. Первая из них известна под названием закона Шпёрера, по имени немецкого астронома Густава Шпёрера. На раннем этапе одиннадцатилетнего цикла солнечные пятна появляются в высоких или низких широтах солнечного шара, то есть на большом расстоянии от солнечного экватора. Однако по мере протекания цикла они появляются все ближе и ближе к экватору. График изменения расположения солнечных пятен в зависимости от времени сходен с бабочкой — отсюда и его название — диаграмма Бабочки.

Закон Джоя, носящий имя американского астронома Альфреда Джоя, гласит, что пара солнечных пятен часто бывает наклонена так, что ведущее пятно находится ближе к солнечному экватору.

ВСПЫШКИ, ПРОТУБЕРАНЦЫ И ВОЛОКНА

Большинство людей убеждены, что никогда нельзя смотреть прямо на Солнце. Хотя в большинстве случаев этого действительно не следует делать — Солнце может вас очень быстро ослепить, — вы все же можете посмотреть прямо на него, если использовать специальный солнечный телескоп. Огромные фильтры, расположенные спереди, резко снижают интенсивность света, пропуская через окуляр прибора лишь его очень незначительную и безопасную часть.

Если вы посмотрите на Солнце через окуляр такого телескопа, то наверняка наряду с солнечными пятнами увидите мельчайшие языки пламени, отходящие от края поверхности солнца. Это солнечные протуберанцы. Когда силовые линии магнитного поля Солнца вырываются наружу, в космическое пространство, они выносят с собой некоторое количество горячего газа. Возможно, самая впечатляющая картина возникает тогда, когда они образуют арку, возвышающуюся над фотосферой, — горячий газ следует за силовыми линиями магнитного поля, выходящими из Солнца и входящими обратно. Такие

арки могут казаться небольшими, но они часто тянутся на сотни тысяч километров в длину.

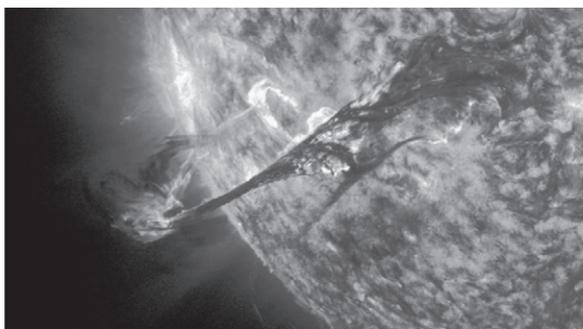
То, что вы видите, напрямую зависит от угла вашего зрения. Представьте, что протуберанец извергается из Солнца прямо в направлении вас. В таком случае вы будете смотреть на него «в лоб». Астрономы называют это филаментами или волокнами. Они выглядят как змеи, скользящие по солнечному диску. Как и солнечные пятна, они кажутся более темными, поскольку вы наблюдаете более холодный газ перед горячей поверхностью Солнца, находящейся позади него.

Довольно часто люди ошибочно называют протуберанцы вспышками на Солнце, но солнечные вспышки представляют собой отдельный класс солнечных явлений. Как можно понять по их названию, речь идет о резком увеличении яркости и отдельных областей солнечной поверхности и вспышке излучения. Количество энергии, вовлеченной в этот процесс, разнится, — одна-единственная вспышка может привести к высвобождению миллиардов мегатонн в тротиловом эквиваленте. Для сравнения, все взрывчатые вещества, использованные во время Второй мировой войны, — включая и атомные бомбы, сброшенные на Хиросиму и Нагасаки, — в совокупности составляли три мегатонны в тротиловом эквиваленте.

Вспышки на Солнце часто сопровождаются самым впечатляющим взрывом, который может произойти на Солнце: корональным выбросом массы (КВМ).

КОРОНАЛЬНЫЙ ВЫБРОС МАССЫ

В марте 1989 года шесть миллионов канадцев провинции Квебек оказались погруженными в темноту во время девятичасового обрыва электрической сети. Поскольку связь с погодными спутниками также была прервана, северные сияния перестали быть северными — они стали видны далеко на юге, даже в южном Техасе и во Флориде. Все эти события имели одну причину: корональный выброс массы на Солнце (КВМ).



Потрясающий по красоте и мощный корональный выброс массы Солнцем в августе 2012 года

Подобные мощные взрывы на Солнце приводят к выбросу в космическое пространство миллиардов тонн материала со скоростью более миллиона километров в час, который наводняет солнечную систему заряженными частицами. Когда эти частицы достигают Земли, мы оказываемся под воздействием геомагнитной бури, вызывающей колебания в нашем магнитном поле. Подобные космические события

приводят к увеличению напряжения в электрических сетях, которые в конце концов отключаются, а также к повреждениям спутников и усилению полярных сияний. КВМ происходят каждые три-пять дней, но, к нашему счастью, большая их часть проходит мимо нашей крошечной планеты.

Одним из самых впечатляющих корональных выбросов массы, достигших Земли, было так называемое событие Каррингтона 1859 года, названное по имени английского астронома Ричарда Каррингтона. К счастью, наша электрическая инфраструктура в то время находилась в зачаточном состоянии. Электрический телеграф тогда был самым передовым средством коммуникации, и связь по нему была нарушена. Многие телеграфисты сообщали о том, что получили электрический удар. Если бы аналогичное событие произошло сегодня, ущерб наверняка составил бы триллионы долларов США. Самолеты должны были бы приземлиться и оставаться на земле, пока магнитная буря не уляжется. Даже в наши дни пилоты и воздушный экипаж относятся к разряду радиационных работников. Во время значительно более слабой бури на Солнце, произошедшей в 2003 году, все, кто находился в самолете, следовавшем по маршруту Чикаго — Пекин, должно быть, получили 12% своей годовой нормы радиационного облучения.

По понятным причинам необходимо предсказывать подобные события — иметь службу прогноза погоды в космосе, во многом такую же, какая у нас есть на Земле. У нас нет возможности

предотвратить это, но мы можем минимизировать наносимый нам ущерб. В настоящее время мы можем узнать, опасна ли приближающаяся буря на Солнце, лишь за несколько часов до того, как она обрушится на нас. Некоторые специалисты говорят, что прогноз космической погоды в настоящее время отстает от своего земного коллеги на тридцать-сорок лет. Однако уже предпринимаются определенные шаги для того, чтобы отодвинуть окно прогноза сначала за пределы двадцати четырех часов, а затем и нескольких дней. Эти работы имеют огромное значение, поскольку события, подобные событию Каррингтона в 1859 году, как предполагается, происходят каждые 150 лет или около того. Таким образом, это только вопрос времени, когда нам придется столкнуться с другим таким событием.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

Это было многократно отрепетировано. Парашюту раскрывается, и дежурящий вертолет загарпунивает его, обеспечив тем самым мягкую посадку бесстрашному путешественнику. Только все произошло не совсем так. 8 сентября 2004 года космический зонд НАСА «Генезис» прорвался сквозь атмосферу и разбился о поверхность Земли. На снимках с места события видно, как с вертолета наблюдают за жалкими остатками аппарата.

Стабилизирующий парашют не раскрылся — кто-то установил датчик ускорения верх ногами. Почти весь бесценный груз «Генезиса» был испорчен до невозможности.

Однако, к счастью, некоторые образцы были почти полностью восстановлены. Зонд запустили тремя годами ранее в смелой попытке захватить частицы солнечного ветра и вернуть их на Землю для проведения анализа. Это был первый случай возвращения миссии со времен миссий «Аполлона» и первая миссия из всех, которая привезла материал с орбиты, находящейся за пределами орбиты Луны.

Идея невидимых частиц, устремляющихся наружу из Солнца, обсуждалась уже в 1859 году Ричардом Каррингтоном во время события Каррингтона. В настоящее время мы знаем эти заряженные частицы — в большинстве своем электроны и протоны, — выбрасываемые из Солнца во все стороны со скоростью более миллиона километров в час. Самые стремительные потоки вырываются из дыр в солнечной короне. Оказавшись на свободе, частицы разлетаются по всему космическому пространству за пределами орбит планет, где они пересекаются с другими ветрами, исходящими от других звезд.

Когда солнечный ветер сталкивается с магнитным полем Земли, в приполярных областях Земли возникает полярное сияние. Однако солнечный ветер далеко не погожий, — он также обладает достаточной разрушительной мощью. По мнению ас-

трономов, атмосфера Марса в прошлом была значительно плотнее и таким образом могла сохранять жидкую воду на марсианской поверхности. В отсутствии магнитного поля, однако, солнечный ветер постепенно разъедал атмосферу Марса, «раздев» его догола. Сегодня Марс представляет собой обезвоженную, бесплодную пустыню.

ЗЕМЛЯ

ОБРАЗОВАНИЕ И СТРУКТУРА

Земля была сформирована из обломков и другого остаточного материала. Главным событием в этой части Вселенной было образование Солнца приблизительно 4,6 миллиарда лет назад.

Но огромное количество газов и пыли продолжало вращаться вокруг недавно родившейся звезды. Под воздействием гравитации этот материал объединился в более крупные объекты, которые называются «планетезимали», или планеты в начальной стадии зарождения — строительные блоки будущих планет, — каждый около километра в диаметре.

Примерно 4,56 миллиарда лет назад, лишь через несколько сотен миллионов лет после образования Солнца, некоторые обломки породы и металлов столкнулись друг с другом и, смешавшись, образовали Землю. Непрерывные бомбардировки новыми планетезималями, наряду с энергией,

выделяющейся вследствие радиоактивного распада, поддерживали новообразованную планету в расплавленном состоянии. Под воздействием сил гравитации сформировавшееся шарообразное космическое тело превратилось в итоге в земной шар.



Земной шар в начальной стадии формирования находился в полностью расплавленном состоянии, что позволяло тяжелым материалам, таким как железо, устремляться в направлении его ядра

Поскольку наша планета находилась в расплавленном состоянии, наиболее тяжелые материалы могли свободно опускаться на дно. И наоборот, самые легкие материалы в итоге оказались на поверхности. Геологи называют этот процесс дифференциацией. После охлаждения уже отдифференцировавшегося земного шара над плотным ядром из железа и никеля сформировалась твердая земная кора.

В настоящее время в центре нашей планеты продолжает находиться железо-никелевое ядро. Оно подразделяется на две части — внутреннее и наружное ядра. Внутреннее ядро твердое, а на-

ружное находится в расплавленном состоянии из-за огромной разрушительной силы вышележащих материалов.

Температура в пограничной области между внутренним и наружным ядром Земли может достигать 6000 градусов по Цельсию, делая ее такой же разгоряченной, как поверхность Солнца. В совокупности внутренняя и наружная части земного ядра составляют 55% всей внутренней части нашей планеты и окружены мантией, состоящей из полурасплавленной породы, называемой магмой. Верхнюю поверхность мантии покрывает земная кора — поверхность планеты, на которой мы и живем. Достигая всего 60-километровой толщины в самой глубокой своей части, земная кора составляет лишь половину процента от диаметра Земли. Если бы наша планета сжалась до размера яблока, то ее кора равнялась по толщине коже яблока.

ОКЕАНЫ И АТМОСФЕРА

Самым поразительным на нашей голубой планете являются огромные запасы воды. Более 70% поверхности Земли покрыто водой — H_2O , находящейся в жидком состоянии, и жизни всех живых существ на Земле, начиная от мельчайшей бактерии до гигантского синего кита, зависят от воды. Любая вода, если бы она существовала на Земле изначально, уже давно испарилась бы вследствие

наблюдавшихся тогда адских температур, следовательно, она появилась на земле позже. Но откуда?

Она могла быть образована в пределах мантии глубоко под корой. Жидкий водород и кварц способны вступать в реакцию, чтобы образовать жидкую воду, и эта вода могла быть впоследствии заперта внутри породы. В 2014 году на глубине в 700 километров был обнаружен огромный резервуар с водой, способной трижды заполнить океанские впадины на поверхности Земли. По всей вероятности, с течением времени пары воды испарялись через трещины в коре, попадая наружу. А впоследствии, по мере охлаждения нашей планеты, водяные пары стали конденсироваться, переходя в жидкое состояние, и заполнили все нижележащие впадины.

Другой вероятный источник воды находился в открытом космосе — вероятно, он попал к нам вместе с астероидами и кометами, когда эти космические тела столкнулись с Землей. Однако у такой идеи имеются явные изъяны. Анализ вещества комет показывает, что многие из них содержат другой тип воды, отличающийся от той, которая заполняет наши моря и океаны. Если бы вода попала к нам вместе с астероидами, то в атмосфере нашей планеты сегодня содержалось бы значительно больше ксенона, чем это имеет место на самом деле. Так что вопрос остается открытым.

Вопрос, касающийся происхождения атмосферы Земли, несколько более ясен, однако в момент зарождения ее состав сильно отличался от сегодняшнего. Первые газы, приставшие к недавно родившейся Зем-

ле, были высвобождены в результате вулканической активности из глубин нашей планеты. Это были главным образом диоксид углерода, перемежающийся с монооксидом углерода, сульфид водорода и метан. Свободного кислорода тогда еще не было. Весь кислород был связан в воде (H_2O) и твердых кремниевых соединениях, таких как двуокись кремния (SiO_2).

Но все изменилось 3 миллиарда лет назад, когда в океанах стали буйно развиваться микроскопические организмы, называемые цианобактериями. Они стали производить свободный кислород путем реакции между двуокисью углерода, водой и солнечным светом в процессе фотосинтеза. Образование кислорода в атмосфере привело к самому массовому вымиранию организмов в истории Земли, поскольку кислород был токсичен для подавляющего большинства существовавших тогда форм жизни. Выжили только те организмы, которым удалось приспособиться к грандиозному сдвигу в химическом составе земной атмосферы. Вы произошли от потомков организмов, успешно переживших те события. В настоящее время кислород является вторым преобладающим элементом в атмосфере Земли (21%) после азота (78%).

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПЛИТЫ

Обширная гряда Гималайских гор, подпирающая пограничную область между Тибетским пла-

то и Индийским субконтинентом, является одним из естественных чудес на Земле. Ежегодно тысячи людей, плененные магией горы Джомолунгма (Эверест), пытаются помериться силами с величайшей вершиной мира.

Но в сравнении с возрастом Земли, Гималаи в действительности очень молоды. По мнению большинства ученых, они образовались всего каких-то 50 миллионов лет назад. Однако та часть суши, которая сегодня в большинстве своем укладывается в границы Индии, прошла довольно необычный путь, чтобы оказаться там, где она находится сейчас. Эта часть суши изначально откололась от древнего материка, известного как Гондвана, после чего отправилась в северном направлении, оставила в стороне остров Мадагаскар вблизи основной части Африканского континента, а затем продолжила свой путь к Азии. Передвигаясь со скоростью 20 сантиметров в год, она напролом пропахивала себе путь к крупнейшему на планете континенту, чтобы воздвигнуть здесь высочайшие в мире горные хребты.

Такие значительные передвижения огромных массивов суши оказались возможными только потому, что земная кора состоит из серии тектонических плит, плавающих на жидком веществе мантии. Нестабильность поверхности мантии, вызывающая течения и колебания расплавленной породы, привела к тому, что индийская плита отделилась от Гондваны и устремилась на север. Столкнувшись с основным массивом евразийской литосферной

плиты, индийская плита вдвинулась под нее, вздымая вверх находившийся на ее пути материал, и тем самым воздвигая Гималайские горы. Этот процесс еще далеко не завершен. Столкновение только замедлило продвижение индийской литосферной плиты, — но она продолжает свое продвижение на север. А Гималаи продолжают расти со скоростью два сантиметра в год.

Однако тектонические плиты не просто геологическая экзотика. По мнению многих ученых, они сыграли ключевую роль в развитии жизни на Земле. В конце концов, Земля — единственная планета в Солнечной системе, на которой есть жизнь. По границам этих плит часто извергаются вулканы, позволяя газам, запертым под поверхностью планеты, высвободиться и выйти в атмосферу, — в первую очередь это касается двуокиси углерода. Дополнительные выбросы диоксида углерода в течение ледниковых периодов способствовали повышению температуры.

Но передвижения литосферных плит могут также задерживать избыточные количества CO_2 , таким образом защищая планету от перегрева.

По этой причине при поисках жизни во Вселенной за пределами Земли астрономы стремятся найти не только планеты, где отмечаются те же температуры, что и на Земле, но и планеты, на которых имеются такие же тектонические плиты, которые могли бы сдерживать температуры в пределах биологически дружелюбных человеку значений.

АЛЬФРЕД ВЕГЕНЕР (1880–1930)

Если вы посмотрите на поверхность Земли, то поймете, что она напоминает гигантскую головоломку. Части выступающей сверху и справа южно-американской суши в точности совмещаются с выемкой под западной частью Африки. Заметив это соответствие очертаний и осознав, что это не просто совпадение, немецкий физик Альфред Вегенер опубликовал в 1911 году теорию дрейфа континентов, исходя из предположения, что два континента когда-то составляли единое целое. Идея Вегенера была встречена без особого энтузиазма — многие ученые не могли поверить в то, что столь огромные массивы земной суши могли перемещаться, а сам Вегенер не мог сказать, почему это происходило.

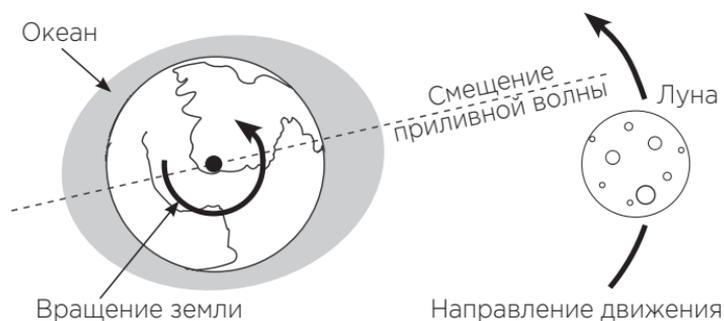
И только в 1950-1960-х годах прошлого столетия, через несколько десятилетий после смерти Вегенера, во время экспедиции в Гренландию были получены первые свидетельства правоты ученого. Ученые обнаружили, что океаническое дно со временем расширяется, по мере того как вулканическая активность закладывает новую кору океанического типа. Вскоре последовала формулировка теории тектоники плит, которая наконец-то описала механизм континентального дрейфа, первоначальной идеи Вегенера.

ПРИЛИВЫ

В северо-восточной оконечности залива Мэн, на волнистом побережье Атлантического океана в Се-

верной Америке, находится уникальный узкий морской залив, называющийся залив Фанди. Дважды в день более 100 миллиардов тонн воды приливают и отливают из этого залива. Для сравнения, это больше воды, чем вся вода, протекающая через пресноводные реки всей Земли, вместе взятая.

В чем причина перемещения столь невероятно огромного количества воды? Гравитация. Именно гравитационное притяжение Луны (и отчасти Солнца) является той силой, которая вызывает огромные приливы и отливы, происходящие ежедневно по всему миру. Твердые земные породы тоже притягиваются, но вода значительно более подвижна. Такой эффект воздействия гравитации достигает максимального уровня в заливе Фанди, где высота приливной волны достигает 16 метров, тогда как высота волны во время отлива составляет всего 3,5 метра, — это означает, что вода во время прилива поднимается до высоты четырехэтажного дома.



Гравитационное притяжение Луны создает приливные волны (горбы) на той стороне Земли, которая находится к ней ближе всего

Все происходит следующим образом. Когда ваша часть Земли обращена лицом к Луне, вода в ваших водоемах притягивается в направлении ее и прочь от тех регионов земного шара, которые находятся под прямым углом к вам.

Вы наблюдаете приливы, а те другие регионы — отливы. Сила притяжения Луны, воздействующая на воду на противоположной стороне планеты, не столь велика, так как она находится на большем расстоянии от нее. Здесь наблюдается другой прилив вследствие центробежной силы вращающейся Земли — та же сила, которая отбрасывает вас в наружную сторону машины, когда вы делаете резкий поворот. Именно по этой причине в большинстве мест на Земле наблюдаются два прилива и два отлива ежедневно — вращение планеты вокруг своей оси проводит нас через эти четыре области каждые двадцать четыре часа.

Происходящее заслуживает того, чтобы задуматься об этом на минуту. Если вы когда-либо находились на морском берегу и видели, как происходит отлив, вероятно, вас не надо долго убеждать, что в таком случае вода уходит от вас. Но это не то, что происходит на самом деле. Вода преимущественно остается там, где она находилась, удерживаемая на месте либо силой притяжения Луны, либо центробежными силами. Вместо этого двигаетесь вы, — это вас относит от приливной волны вращением Земли. В действительности это вы и берег убегаете от воды!

ВРЕМЕНА ГОДА

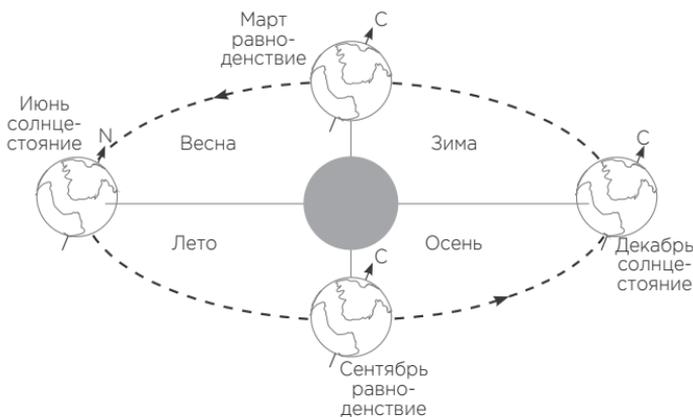
Одной из самых замечательных особенностей нашей планеты является сезонность, или вариации климата в зависимости от времени года. Весной цветы пробиваются из-под земли и тянутся к небу. Осенью все наоборот, — листья опадают наземь. Многие люди ошибочно думают, что изменения температур в течение года происходят в зависимости от расстояния от Солнца. То есть, по их мнению, наша планета летом находится ближе к Солнцу, а зимой — дальше.

Но в действительности смена сезонов на Земле является результатом наклона оси Земли. Наша планета расположена не строго вертикально — она отклоняется от вертикали на 23,4 градуса. Это означает, что в июне Северное полушарие наклонено в сторону Солнца и люди там наслаждаются более теплой погодой и более продолжительными днями. Те же люди, которые живут за полярным кругом, наблюдают нескончаемый день, — эта часть Земли так сильно наклонена в сторону Солнца, что оно практически никогда не садится. Тем временем Южное полушарие отклонено от Солнца так, что тепло и свет поступают туда с трудом, поэтому наступает зима. А Антарктида погружена в непрерывную ночь.

Через шесть месяцев, когда Земля будет находиться с другой стороны от Солнца, роли поменяются. Те, кто будет находиться ниже экватора, станут махать веером, готовя барбекю, тогда как живущие выше экватора люди потянутся к санкам. Арктика

окажется в тени, а Антарктика будет постоянно освещена.

Самый длинный и самый короткий дни в году (в июне и декабре) называются днями солнцестояния. Ровно посередине между этими датами наша планета достигает такой точки, где ни одно из полушарий не наклонено ни к Солнцу, ни от Солнца. В эти дни в марте и сентябре, известные как дни равноденствия, на всей планете длины дня и ночи абсолютно равны.



Мы переживаем времена года, потому что наклон Земли означает, что в некоторых точках мы наклонены к солнцу, а в других отклонены

Мы должны быть благодарны за то, что наклон Земли не столь велик. Если бы угол был намного больше, сезонные изменения условий жизни были бы значительно более драматичными и к ним было бы куда труднее приспособиться. Благодаря силе притяжения Луны угол наклона нашей планеты остается неизменным, а сезоны года — предсказуе-

мыми. Например, ось наклона Марса, в отсутствии крупного спутника в качестве противовеса, демонстрирует сильные колебания под воздействием силы гравитации других планет. Это приводит к долгим зимам и особенно жарким летам, которые не равны по длительности и постоянно смещаются.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Путешествия, которые совершают женские особи морских черепах, просто потрясающи. Будучи рожденными на морском берегу, они сразу же спускаются к воде и мигрируют на расстояния более 2000 километров в поисках более богатых пищей мест. Достигнув зрелости, они проделывают тот же самый путь, но в обратном направлении, возвращаясь на берег, где когда-то вылупились. Как черепахам удастся запомнить, откуда они пришли? Ответ, вероятно, заключается в том, что они ориентируются по магнитному полю Земли.

В глубине, в скрытых резервуарах нашей планеты, в ее наружном ядре, пока Земля вращается, колыхается расплавленное железо. Это движение вещества приводит к генерированию магнитного поля Земли. Оно пробивается из вершины нашей планеты и, опоясывая ее кольцами, заканчивается на ее противоположной вершине. Однако когда дело касается полюсов, все становится немного сложнее. У Земли есть три северных и три южных полюса.

Во-первых, имеется географический северный полюс — физическая точка на планете, совпадающая с воображаемой линией оси вращения Земли. Эта точка во многом фиксированная, и она циклически смещается лишь на несколько метров в год.

Затем, имеется северный магнитный полюс — место, на которое указывает компас. Если бы стрелка компаса могла свободно двигаться по вертикали, то в этой точке она была бы направлена вниз. Вследствие изменений в наружном ядре Земли северный магнитный полюс очень подвижен. До недавнего времени он находился в Канаде, однако в настоящее время он блуждает по просторам Арктики и Сибири. Географический и магнитный полюса Земли в настоящий момент расходятся приблизительно на десять градусов.

И наконец, у Земли имеется геомагнитный северный полюс. Это точка, в которой находился бы северный магнитный полюс, если бы в центр Земли положили обычный магнитный брусок. В действительности же наше магнитное поле значительно сложнее, чем простой магнитный брусок. У всех этих трех северных полюсов имеются соответствующие эквиваленты в южном полушарии.

Трудно представить бурно развивающуюся жизнь на Земле без этого магнитного поля. Оно действует как гигантское силовое поле, преломляющее губительную радиацию, излучаемую Солнцем и поступающую из глубин космоса. Оно прикрывает нас от солнечного ветра, который в противном случае уничтожил бы весь наш озо-

новый слой и оставил бы нас беззащитными перед ультрафиолетовым излучением, поступающим к нам от Солнца.

ПОЛЯРНОЕ СИЯНИЕ

Полярное сияние (*aurora borealis*), возникающее как огромный занавес из зеленого света, переливающийся и кружащийся в разных направлениях по всему небу, почти постоянно видно вблизи Северного полюса. То же самое зрелище можно наблюдать и вблизи Южного полюса Земли (*aurora australis*). Помимо свечения, это сияние производит целый спектр разнообразных звуков, включая шипение, треск и приглушенные хлопки.

Это ошеломляющие свидетельство того, что наша планета не одинока в огромном пространстве космоса, а наоборот, у нее очень тесные взаимоотношения со своей звездой. Нас постоянно овеивает солнечный ветер — шквал заряженных частиц, устремляющихся к нам из глубин Солнца. В результате взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли движение заряженных частиц ускоряется вдоль силовых линий магнитного поля в направлении обоих полюсов. Здесь они наталкиваются на слои земной атмосферы над нашими головами, придавая его атомам дополнительную энергию. Когда атомы атмосферы высвобождают эту новообетенную энергию в форме света, мы получаем возможность наблюдать

полярное сияние. Этот эффект обычно распространяется лишь в пределах ограниченной области вокруг каждого из магнитных полюсов, известных как овалы полярных сияний. Однако геомагнитные бури, такие, например, как те, что возникли в результате коронального выброса массы, могут преодолеть наше магнитное поле и значительно расширить эти овалы. Во время события Каррингтона 1859 года моряки, плывшие по Карибскому морю, сообщали о виденных ими фантастических огненных спектаклях. Поскольку эти моряки никогда не плавали в приполярных областях, они не имели никакого понятия о том, что это было. Сияние над Скалистыми горами было настолько ярким, что шахтеры проснулись, полагая, что настал день. Даже жители, проживающие в регионах, находящихся вблизи Сахары, могли наблюдать за этим грандиозным зрелищем.

Зеленый является наиболее распространенным цветом, так как это цвет, излучаемый кислородом на низких высотах, где его больше всего и он является хорошо видимым. Цвета красного спектра во время полярного сияния представлены светом, излучаемым кислородом при более спокойных условиях в атмосфере и на значительно больших высотах. Если вы сможете уловить синие полосы, то знайте, что их появление является результатом взаимодействия с азотом.

Земля не единственная планета в Солнечной системе, на которой можно наблюдать полярные сияния. Астрономы обнаружили подобные явления на Марсе, Юпитере и Сатурне.

МЕТЕОРИТЫ И ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ

Несколько миллионов лет назад в результате внешнего воздействия на Марс часть марсианской поверхности откололась и была выброшена в открытый космос. Эти марсианские осколки каким-то образом сумели преодолеть 225 миллионов километров космического пространства, пробились через земную атмосферу, достигли поверхности Земли и врезались в антарктическую тундру в качестве метеорита. В мировой коллекции метеоритов такие марсианские пришельцы чрезвычайно редкие экземпляры, — они составляют менее половины процента из общего числа всех метеоритов. Чуть больше их попадает к нам с Луны. Однако подавляющее большинство метеоритов прилетает из семейства астероидов Солнечной системы, — обломки породы и металла, оставшиеся со времен зарождения и формирования Солнечной системы. В этом и кроется их особая привлекательность — большинство из них возникли раньше самой Земли и таким образом являются для нас бесценным источником информации о том, как образовались Солнце и вращающиеся вокруг него миры.

Название фрагментов или кусочков поступающей из космоса породы зависит от того, где они находятся. Небольшой кусок породы, все еще находящийся в открытом космосе, называется метеороидом. Как только он прорывается сквозь атмосферу планеты, его название тут же меняется на метеор. И только если он достигает поверхности другого небесного тела целым и невредимым, он получает название «метеорита».

При одновременном появлении множества метеоров возникает ослепительное зрелище, называемое метеорным, или звездным, дождем, — внезапное появление целой плеяды «падающих звезд». Во время своего путешествия вокруг Солнца Земля регулярно пробивается через полосы космической пыли, рассеянной повсюду в Солнечной системе пролетающими кометами. Когда эти мельчайшие частицы — часто не больше песчинки — сверкают, раскаляясь добела в результате трения об атмосферу, мы можем видеть, как они стремительно проносятся по небу.

Одним из самых впечатляющих зрелищ такого рода являются Персеиды в августе. Из темени космоса, вдали от всепроникающего света больших городов, внезапно появляется метеор, на минуту освещающий огромное пространство ночного неба. Это для нас ежегодное напоминание о том, что в Солнечной системе имеется значительно больше небесных тел, чем просто планеты.

СПУТНИКИ И МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

День 4 октября 1957 года стал поворотным в истории человечества. Советский спутник «Спутник-1» стал первым искусственным объектом, вращающимся вокруг Земли. Через три месяца он снова вошел в атмосферу Земли и там сгорел. С тех пор спутники изменили нашу жизнь. Климатические станции

следят за погодой, спутники-шпионы следят за противниками, телевизионные спутники доносят до нас последние блокбастеры, а глобальная система позиционирования (GPS) помогает нам найти дорогу.

Теперь на орбите находится более тысячи функционирующих спутников, однако не все, что находится на орбите, можно использовать. В данный момент имеется более 21 000 объектов по размеру крупнее 10 сантиметров в диаметре, проносящихся вокруг нашей планеты. Если взять только космические тела с диаметром от одного до десяти сантиметров, их число возрастет до половины миллиона. Большинство из них представляют собой космический хлам — обломки спутников и космических аппаратов, оставленных вращаться на орбите посреди все растущей груды мусора.

И это представляет проблему для самого крупного искусственного спутника Земли — Международной космической станции (ISS). Размером почти с футбольное поле, эта станция стала вторым домом для команды из шести астронавтов из разных стран мира. Станция вращается на высоте 400 километров над Землей, но ее орбита уже несколько раз слегка приподнималась, чтобы она могла уклониться от столкновения с крупным фрагментом космического мусора. Наружный корпус станции, и особенно солнечные панели, несут на себе следы повреждений от столкновения с более мелкими обломками.

Астронавты меняются, как правило, каждые шесть месяцев, и начиная с 2000 года станция постоянно обитаема.

С учетом того, что станции требуется девяносто две минуты, чтобы обогнуть Землю, команда ежедневно проживает шестнадцать рассветов и шестнадцать закатов. С высоты своего полета астронавты также могут наблюдать за потрясающими видами нашей Земли, включая расплзшиеся во все стороны города и мощные ураганы, и видеть вблизи пляшущие полярные сияния.

Помимо того, что эта станция является символом международного сотрудничества в космосе, она была создана для того, чтобы расширить наши знания о влиянии длительного пребывания в космосе на функции человеческого организма. В итоге мы воспользуемся полученными уроками для того, чтобы послать людей на Марс.

ЛУНА

ОБРАЗОВАНИЕ

Наша Луна — странный объект. Если все спутники Солнечной системы сравнить с их планетами, взаимоотношения Земли с Луной покажутся из ряда вон выходящими, когда дело доходит до соотношения их размеров. Диаметр Луны составляет приблизительно 28% земного диаметра. Следующим по размеру идет самый большой спутник Нептуна — Тритон, размеры которого составляют лишь 5% от диаметра его хозяина. У нашей планеты имеется

пятый по величине спутник в Солнечной системе, но Земля занимает лишь пятое место по своим собственным размерам.

Из всего этого следует, что очень маловероятно, что Луна сформировалась где-либо за пределами нашей системы и позже была захвачена гравитационным притяжением Земли. Для этого она слишком велика. По мнению Джорджа Дарвина, сына Чарльза Дарвина, Луна отделилась от Земли, и на том месте сейчас плещутся воды Тихого океана.

В настоящее время самой распространенной идеей происхождения Луны является предположение о том, что Земля в начальной стадии своего формирования получила удар со стороны неизвестной планеты размером с Марс. Астрономы называют эту потерянную планету Тейей, а то катастрофическое столкновение объясняют гипотезой «Гигантского столкновения», или «Моделью ударного формирования Луны».

Это, предположительно, произошло всего через 50–100 миллионов лет после образования Земли. В результате такого столкновения образовалось кольцо из огромного количества обломков материала, которое было выброшено на орбиту и стало вращаться вокруг Земли, пока силы земной гравитации не собрали их в единый массив, сформировав Луну. Если представить всю историю Земли как один день, то окажется, что Луна образовалась тогда, когда Земле было всего десять минут от роду.

Такое представление хода событий объясняет, почему у Луны такое необычно маленькое ядро

и почему она менее плотная, чем Земля. Наиболее тяжелые материалы после распада Тейи оставались вблизи Земли, а более легкие были выброшены во-вне, именно в результате соединения этого материала и образовалась Луна. Земля имеет самую высокую плотность из всех планет Солнечной системы, что становится понятным, если учесть, что к земному шару после его формирования был добавлен дополнительный материал, оставшийся от Тейи. Гигантским столкновением объясняется и то, почему Луна в прошлом, как предполагается, находилась в расплавленном состоянии, — мощные столкновения между обломками в кольце вокруг Земли приводили к переходу породы в жидкое состояние.

Новые свидетельства этой гипотезы получены из лунной породы, доставленной на Землю миссией «Аполлон». Компьютерные модели позволяют предположить, что Луна была сформирована главным образом из материала Тейи, следовательно, можно ожидать наличия определенных различий между лунной и земной породами. В 2014 году ученые объявили, что обнаружили несколько различных смесей кислорода в породах, доставленных миссией «Аполлон».

КРАТЕРЫ, МОРЯ И ФАЗЫ

Взгляните на карту Луны и увидите, как много на ней мест с поэтическими названиями, такими как Море

Мечты, Залив Радуги, Озеро Счастья. На деле это очень суровая среда с почти полным отсутствием атмосферы. Все слои газа на Луне, вместе взятые, весят меньше пяти слонов.

Ее характерная поверхность покрыта расплзавшимися темными пятнами, называемыми «мария», или морями (в единственном числе — маре — *mar* — *ray*). С Земли они немного напоминают человеческое лицо, отсюда и знаменитый «Человек на Луне». Однако здесь нет и никогда не было никаких морей, заполненных водой. Вместо этого для Луны изначально были характерны обширные пространства расплавленной лавы, образовавшейся во время хаотичного рождения Луны, которая с тех пор остыла и затвердела. Днища морей изрешечены тысячами кратеров — глубокими, чашеобразными углублениями с неровными краями, оставшимися в качестве напоминания о столкновениях, безобразивших лунную поверхность на протяжении более миллиарда лет.

Вид Луны на нашем небе постоянно меняется. Объясняется это тем, что сама Луна не производит никакого света. Напротив, она выступает как гигантское зеркало, которое отражает солнечные лучи, направляя их в нашу сторону. Сколько отраженного Луной света попадает к нам, зависит от того, в каком конкретно месте орбиты Земли она в данный момент находится. Когда она занимает положение между нами и Солнцем, весь свет падает на дальнюю сторону Луны и отражается в противоположном от нас направлении. Мы называем это положение

новолунием. По мере продвижения Луны к противоположной стороне нашей планеты мы постепенно наблюдаем все более освещенную Луну до тех пор, пока, примерно через две недели, она не начнет отражать на Землю весь падающий на нее свет. Тогда мы видим полнолуние. Когда Луна начинает обратный путь и все меньше и меньше света падает на обращенную к нам сторону, мы начинаем терять этот свет.

ПРИЛИВНЫЙ ЗАХВАТ

Нам всегда видна лишь одна сторона Луны, и люди думают, что она не должна вращаться. Но это не так, Луна все-таки вращается. Она совершает оборот вокруг своей оси точно за такое же время, которое ей требуется, чтобы совершить один оборот вокруг Земли — 27,3 дня.

Для того чтобы представить, как это происходит, возьмите мяч, который будет изображать Землю, и положите его на пол. Встаньте лицом к мячу и начните двигаться вокруг него по кругу, всегда глядя внутрь круга. Ваше возвращение к той точке, откуда вы начали движение, будет означать, что вы совершили не только один оборот вокруг Земли, но и прокружились на месте. Чтобы убедиться в этом, повторите упражнение, только теперь фокусируйтесь на стенах, на которые вы смотрите во время кружения. Вы увидите, что вы по очереди смотрите

на каждую из четырех стен комнаты, точно так же, как если бы вы просто кружились на одном месте.

Луна ведет себя аналогичным образом, так как она захвачена Землей приливно-отливной силой. Первоначально период вращения Луны был значительно больше по сравнению с периодом обращения Луны по орбите вокруг Земли. Однако влияние земной гравитации привело к некоторому растяжению Луны по линии, соединяющей два небесных тела. Поэтому Луна расплнела в одном направлении немного больше по сравнению с другим, — образовались приливные горбы. Впоследствии Земля притягивала Луну преимущественно за эти горбы, постепенно замедляя ее вращение до тех пор, пока период вращения Луны вокруг своей оси не сравнялся с периодом орбитального движения Луны вокруг Земли.

Серии фаз Луны требуют несколько больше времени для своего завершения, чем ее 27,3 — дневной период обращения по орбите. Промежуток времени между двумя полными лунами составляет 29,5 дня. Связано это с тем, что для того, чтобы мы могли наблюдать полную луну, необходимо чтобы Земля, Луна и Солнце находились на одной прямой с нашей точки зрения. В то время как Луна занята обращением вокруг Земли, мы в свою очередь совершаем облеты вокруг Солнца. Луне требуется около двух дней, чтобы наверстать дополнительное расстояние, которое проходит Земля по своей орбите вокруг Солнца за месяц, и вновь вернуться на ту же линию.

Приливный захват — довольно распространенное явление во Вселенной. Многие спутники Юпи-

тера и Сатурна также испытывают его со стороны своих планет. Некоторые планеты в других звездных системах также захвачены приливно-отливной силой своими материнскими звездами. Вопрос о возможности жизни на таких планетах — когда одна сторона испепелена жарой, а другая дрожит от холода, пребывая в темноте, — предмет жарких споров среди астрономов.

БОЛЬШОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Луна окутана столькими поверьями, которые часто зародились многие тысячелетия назад, так что сегодня уже трудно отделить научную реальность от исторических мифов. Идею о том, что Луна действительно влияет на поведение людей, можно встретить в сообщениях об оборотнях и лунатиках — людях, в буквальном смысле этого слова помешанных на Луне. Акушерки клянутся, что их родильные дома наполняются сильнее во время полной луны. Однако доказательств подобных заявлений пока не существует.

В большинстве таких случаев в качестве объяснения ссылаются на гравитационное притяжение Луны, которое, как предполагается, сильнее при полной луне и влияет на распределение воды в нашем теле. Но момент наибольшего приближения Луны к Земле редко совпадает с полнолунием — она с той же легкостью может находиться на максимально близком рас-

стоянии от Земли и при новолунии. Но даже с учетом этих возражений необходимо признать, что Луна оказывает огромное влияние на жизнь на нашей планете. По мнению многих ученых, без поддержки нашей ближайшей соседки мы просто не могли бы оказаться на этой планете, чтобы восхищаться ею.

Мы уже говорили о том, как она уравнивает времена года. Есть вероятность того, что именно Луна дала толчок зарождению жизни на нашей планете, сыграв в этом процессе главную роль. Сформировавшись на расстоянии в пятнадцать раз ближе к Земле, чем она находится сегодня, Луна в силу своей гравитации стала вызывать гигантские приливы, которые вторгались в прибрежные территории на сотни километров вглубь с гораздо большей частотой, чем это происходит в настоящее время. Некоторые ученые предполагают, что именно в этих приливных зонах зародилась жизнь, именно здесь, где на стыке суши и моря происходило смешение сред, могли возникнуть исходные кирпичики, из которых впоследствии образовались микроскопические биологические формы, способные дать начало жизни.

Помимо прочего, Луна замедляет движение нашей планеты. Миллиарды лет назад продолжительность суток составляла восемнадцать часов. Сегодня они продолжаются двадцать четыре часа, так как Земля постепенно теряет энергию вращения из-за трения с океанами, пытаясь повернуться под водной массой, удерживаемой на месте силой гравитации Луны.

Такая передача энергии океанам способствует переносу тепла от экватора к полюсам, что приводит к значительному снижению разброса температур на поверхности Земли. После того как начало жизни на Земле было положено, Луна стала фактором, способствовавшим поддержанию благоприятных условий для развития и разнообразия жизни.

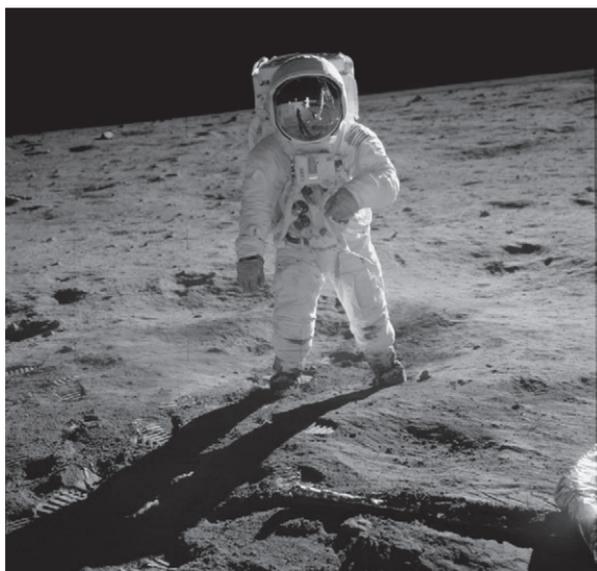
Следствием замедления движения Земли стало все большее отдаление Луны от нашей планеты, а это в свою очередь означало более спокойные приливы и отливы, чем они когда-то были, — другая причина того, что условия окружающей среды на Земле стали более стабильными. Благодаря экспериментам, проведенным на Луне астронавтами миссии «Аполлон», у нас есть возможность измерить, насколько быстро Луна отдаляется от нас.

МИССИЯ «АПОЛЛОН»

«Контактный свет. О'кей, двигатель остановить». Эти простые слова открыли новую эру в истории человечества. Тридцативосьмилетний Нил Армстронг в ручном режиме посадил «Игл» на поверхность Луны после головокружительного спуска и парения над полем с довольно внушительными валунами. У них оставалось горючего менее чем на минуту. В центре управления у всех отлегло от сердца.

«Вас понял, вы прилунились. Мы тут чуть не посине-ли. Теперь мы снова дышим».

Несколькими часами позже Армстронг, неловко перебирая ногами, спустился по лесенке и стал первым человеком, когда-либо ступившим в новый мир. Этот день — 20 июля 1969 года — остался путеводной звездой, маяком, указывающим пределы стремлений и достижений человеческого духа. В течение трех последующих лет НАСА успешно отправила еще пять миссий и еще десять человек, которые достигли поверхности Луны. Лишь одна миссия — «Аполлон-13» — была отменена после того, как взрыв топливного бака во время полета разрушил корпус космического корабля.



Эдвин («Баз») Олдрин на Луне во время миссии «Аполлон-11». Фотограф Нил Армстронг отражается в смотровом щитке Олдрина

Миссии не были лишь способом превзойти Советский Союз на пике холодной войны. Они имели и большое научное значение. Шесть миссий привезли на Землю в общей сложности 382 кг лунного грунта, изучение которого дало новые ключи к пониманию того, как образовалась наша ближайшая соседка. А на поверхности Луны был установлен целый набор зеркал, так что теперь есть возможность, направив на них с Земли луч лазера, отслеживать, как быстро Луна отдаляется от нашей планеты (в настоящее время это происходит со скоростью 3,8 сантиметра в год). В толщу лунной пыли были встроены детекторы, позволяющие изучать колебания или толчки лунного грунта.

Дальнейшие миссии имели более смелые цели, «Аполлон» доставлял также легкие двухколесные средства для передвижения по лунной поверхности, с помощью которых изучался пустынный ландшафт Луны. Алан Шепард даже пронес на борт корабля контрабандой металлическую головку от клюшки для гольфа и сделал ею удар на Луне.

Дейв Скотт специально ради эксперимента одновременно уронил молоток и птичье перо, чтобы показать, что предметы с разной массой падают с одной и той же скоростью, не испытывая тормозящего влияния атмосферы.

Когда 14 декабря 1972 года «Аполлон-17» отправился на Луну, командир корабля Джин Сернан — последний человек, побывавший на Луне, — был полон надежд вернуться туда. Возражения, связанные с финансовыми затратами, оказались сильнее,

и возвращение не состоялось. Но притяжение Луны непреодолимо. Этот спутник Земли остается естественным местом для длительного пребывания в космосе, и различные космические агентства по всему миру уже разрабатывают планы возвращения на Луну. Наступит день, когда наши следы вновь отпечатываются на лунной пыли.

ПОЗДНЯЯ ТЯЖЕЛАЯ МЕТЕОРИТНАЯ БОМБАРДИРОВКА

Создается впечатление, что внутренние части Солнечной системы подвергались ковровым бомбардировкам 3,9 миллиарда лет назад. По прошествии длительного времени после первоначального хаоса в период формирования Солнечной системы здесь наблюдался взрывной рост числа столкновений и ударов извне, обрушившихся на скалистые планеты. Тогда как раны на теле Земли, оставшиеся после этих событий, уже давно сгладились благодаря эрозии, не имеющая атмосферы Луна все еще хранит на своей поверхности следы таких столкновений.

Поскольку это событие произошло через 600 миллионов лет после образования Солнечной системы и носило особенно жестокий характер, астрономы называют его «Поздней тяжелой метеоритной бомбардировкой». Наиболее распространенная гипотеза, объясняющая это событие, указывает на Юпитер. Компьютерные модели формирования Солнечной системы предполагают, что

вероятность того, что гигантские планеты образовались там же, где они располагаются в настоящее время, очень мала. Похоже, что Юпитер переместился в направлении ближе к Солнцу. При этом он отбрасывал астероиды, которые разлетались во все стороны наподобие голубей. Многие из таких астероидов наталкивались на Луну и другие скалистые планеты.

Однако в такой ход событий верят не все. В пользу гипотезы поздней тяжелой метеоритной бомбардировки свидетельствуют главным образом лунные породы, принесенные на землю миссией «Аполлон».

Все породы, взятые из разных точек лунной поверхности, так или иначе указывают на столкновения, происходившие приблизительно в одно и то же время. Однако, как отмечают некоторые астрономы, даже несколько сильных ударов могли привести к тому, что осколки разлетелись в разные стороны на большие расстояния, охватив большие области. Картина будет такая, как если бы имел место целый поток ударов.

Другая проблема — возникновение жизни на Земле. Традиционный взгляд на зарождающуюся Землю рисует ее в виде огненной преисподней, слишком горячей и слишком жестоко и безжалостно подвергаемой ударам со стороны других небесных тел, чтобы здесь могли пробиться ростки жизни. Если исходить из такой картины Земли на ранней стадии ее развития, то жизнь могла зародиться здесь только после поздней тяжелой метеоритной

бомбардировки. Однако последние данные свидетельствуют о том, что океаны, заполненные водой, существовали на Земле уже 4,1 миллиарда лет назад, и возможно, что уже тогда на ней существовала жизнь.

Отсюда вывод: либо разные формы жизни на Земле пережили тот катаклизм и, будучи сначала стертыми с поверхности нашей планеты, возродились вновь, либо поздней тяжелой метеоритной бомбардировки вообще не было, как это традиционно предполагалось. Но как бы то ни было, этот период истории Солнечной системы и Земли находится в фокусе многих исследований, проводимых в настоящее время относительно Солнечной системы и ее бурного и неоднозначного прошлого.



Caput medusae

Dactylon

Piscis

Andromeda

Perseus

Cassiopeia

Cepheus

Virgo maior

Virgo minor

Ictum

Aquila

Draco

Hercules

Ophiuchus

Corona borealis

Anguis

Bootes

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

МЕРКУРИЙ

Уэтой планеты довольно пустынная и скалистая поверхность. На самом деле с первого взгляда Меркурий можно вполне спутать с Луной. Ближайшая к Солнцу планета нашей системы в течение всего дня подвергается воздействию палящих солнечных лучей, и температуры здесь достигают более 400 градусов по Цельсию. Несмотря на отсутствие атмосферы, которая могла бы задерживать тепло, температуры по ночам здесь резко снижаются, достигая примерно 200 градусов по Цельсию. Меркурию — самой маленькой планете Солнечной системы — требуется всего 88 дней, чтобы совершить один оборот вокруг Солнца. День на Меркурии длится приблизительно 59 земных дней.

До настоящего времени на орбите Меркурия побывали только два космических летательных

аппарата. Первый — «Маринер-10» — совершил полет в середине 1970-х годов. После него в 2011 году на орбиту Меркурия был выведен «Мессенджер». Этот летательный аппарат облетел планету более четырех тысяч раз, перед тем как ученые, уничтожив его в апреле 2015 года, сбросили его на поверхность Меркурия. По всей вероятности «Мессенджер» является единственным объектом, сделанным руками человека или какого-то иного происхождения, когда-либо вращавшимся вокруг Меркурия. Близость к Солнцу с его мощным гравитационным тяготением не позволяет какому-либо спутнику образоваться вблизи этой планеты либо быть захваченным со стороны. Наличие мощного гравитационного поля приводит к тому, что Меркурий совершает три оборота вокруг своей оси за то время, когда завершает два оборота по орбите вокруг Солнца.

Упомянутые космические миссии предоставили нам огромное количество данных о том мире, который трудно наблюдать с Земли в силу крошечных размеров Меркурия — он меньше чем спутники Юпитера и Сатурна. Самой яркой отличительной чертой Меркурия является Равнина Жары — древняя впадина, образовавшаяся в результате столкновения с другим космическим телом, которая считается одной из крупнейших в Солнечной системе. Достигающая 1500 километров в диаметре, эта впадина была обнаружена во время пролета мимо планеты «Маринера-10». Прямо на противоположной от впадины стороне поверхность планеты изрыта неровностями и представляет собой холмистую

и изборожденную местность. Предполагается, что удар накрыл Меркурий подобно колоколу, распространявшему ударные волны в противоположных направлениях вокруг планеты. Изрытая бороздами поверхность является результатом воздействия ударных волн, столкнувшихся ровно в 180 градусах от источника их возникновения.

Так же как и Венеру, Меркурий мы можем наблюдать только время от времени, когда планета проходит на фоне солнечного диска. Однако такой переход Меркурия совершается гораздо чаще. Это происходит тринадцать или четырнадцать раз в столетие. К большой радости, 3 июня 2014 года марсоход «Кьюриосити» сумел зафиксировать с поверхности Марса силуэт Меркурия, проходящего на фоне Солнца. Такой проход не был видим с Земли, и это стало первым наблюдением с поверхности другой планеты подобного явления с участием Меркурия или Венеры.

ВЕНЕРА

Что ни говори, но Венера — просто ужасное место. Эта планета окутана плотными слоями двуокиси углерода с примесями серной кислотой. Эта бурлящая атмосфера поглощает огромное количество тепла, приходящего от Солнца, и давит на поверхность с атмосферным давлением, в 93 раза большим, чем на Земле. Любое существо, которое по своей глу-

пости попытается попасть на планету, будет мгновенно испепелено, раздавлено и растворено.

Несмотря на то, что Венера не является ближайшей к Солнцу планетой, мощные слои убийственных облаков делают ее самой горячей из всех планет Солнечной системы. Вследствие интенсивного парникового эффекта температуры на Венере могут подниматься на 40 градусов выше, чем на Меркурии. Однако такие экстремальные условия не стали препятствием и не остановили Советский Союз, отправивший несколько научных автоматических станций к Венере, успешно достигших поверхности планеты, начиная с «Венеры-9», достигшей планеты в 1975 году. Эта была первая космическая миссия в истории космонавтики, которая направила к Земле фотографию поверхности другой планеты. Станции удалось просуществовать всего пятьдесят три минуты, прежде чем она капитулировала, пав жертвой адских условий на поверхности Венеры.

Венера — ближайшая к нам планета Солнечной системы, и ее часто называют «близнецом Земли», однако единственное, в чем она сходна с Землей, — это размерами: диаметр Венеры составляет 95% диаметра Земли. Самой большой странностью этой планеты является то, что ее день длиннее ее года. Учитывая, что мы живем в мире, где продолжительность дня значительно короче продолжительности года, этот факт может показаться нам противоестественным. Но вопреки всему, медленное вращение Венеры означает, что ей требуется

243 земных дня для того, чтобы совершить один оборот вокруг своей оси. В то же время одно вращение по орбите вокруг Солнца Венера совершает за 225 земных дней. Венера — единственная планета Солнечной системы, которая вращается вокруг своей оси по часовой стрелке. Крайне маловероятно, что подобное движение Венеры было ей характерно изначально. Очевидно, какое-то столкновение с крупным небесным телом привело к тому, что ее развернуло и заставило вращаться в обратном направлении со значительно меньшей скоростью.

В недавние времена Венеру посетили два космических аппарата — «Магеллан» и «Венера-экспресс». «Магеллан» произвел прекрасное радиолокационное картирование поверхности планеты, позволив нам взглянуть глубже сквозь толщу ее густых облаков. Наиболее выдающиеся объекты на поверхности Венеры включают горы Скади и Маат, две высочайшие вершины этой планеты. Они являются частью горной гряды Maxwell Montes (Горы Максвелла), названной в честь шотландского физика Джеймса Кларка Максвелла.

Эта гряда является единственным объектом на Венере, носящим не женское имя или не имя какой-либо богини.

Стоит отметить, какое прилагательное астрономы ассоциируют с Венерой. По идее, мы должны были бы называть объекты на планете «венерическими», подобно тому, как мы говорим «меркурианские» или «марсианские». Но навер-

ное не нужно объяснять, почему такой вариант не приемлем. Астрономы предпочитают термин «венерианский» как более соответствующий семейным ценностям.

МАРС

Марс как никакая другая планета Солнечной системы захватил и покори́л наше воображение. На протяжении всей человеческой истории люди стремились умиловить его, боясь вторжений, и направляли космические аппараты-путешественники размером с автомобиль исследовать его. Эта планета и по сей день остается наиболее изученной человеком. В настоящее время мы обладаем даже лучшей картой поверхности Марса, чем картой океанического дна на собственной планете.

Его отчетливый рыжевато-коричневатый оттенок, из-за которого его часто называют Красной планетой, обязан высокому содержанию оксида железа (ржавчины) в марсианских породах. Даже при наблюдении невооруженным глазом, без телескопа, Марс кажется красновато-румяным. Сегодня это засушливая, холодная, пустынная планета. Однако, вероятнее всего, она не всегда выглядела таким образом. Космические миссии, побывавшие на Марсе, обнаружили признаки того, что когда-то в прошлом эта планета могла быть совсем другой, возможно, треть ее поверхности была покрыта водами океана.

Вопрос о том, почему марсианский климат изменился столь радикально, во многом остается открытым. Самой распространенной на сегодня является версия, что ядро Марса со временем затвердело, так как в силу небольших размеров планеты гравитационное давление сверху не было столь значительным. Следствием этого, возможно, стало исчезновение магнитного поля планеты, что сделало ее беззащитной перед разрушительным воздействием солнечного ветра.

Со временем марсианская атмосфера достигла крайнего истощения. Теперь вместо нее осталась лишь тонкая дымка из двуокиси углерода, стелющаяся над поверхностью планеты. Атмосферное давление на Марсе сегодня столь ничтожно — составляет менее 1% давления земной атмосферы, — что лед, полностью минуя жидкую фазу, сразу же переходит в парообразное состояние, в процессе так называемой сублимации вещества.

Облик Марса четко разделяется надвое: верхняя от экватора часть поверхности планеты необычайно плоская, тогда как в части, расположенной ниже экватора, доминируют горные ландшафты. Единственное их сходство в том, что обе приполярные области планеты венчают шапки льда. Южное полушарие Марса является местом расположения Олимпийских гор, высочайшего вулкана Солнечной системы и второй по высоте вершины. Она больше чем в два раза выше Эвереста, однако на нее было бы значительно проще взбираться. Склоны вулкана наклонены лишь на пять градусов. При этом не

следует ожидать, что вершину можно было бы увидеть с самого подножия вулкана — он настолько широк, что она скрывалась бы за горизонтом.

Также здесь имеется обширная, испещренная неровностями и извилистыми каньонами долина, распространяющаяся почти на четверть длины вдоль экватора планеты. Долина, названная «Маринер», является частью обширного вулканического плато, известного как возвышенность Тарсис.

Вокруг Марса вращаются два его спутника — Фобос и Деймос. Эти названия, означающие «страх» и «ужас», даны по именам сыновей бога войны, которые всегда сопровождали отца в его битвах. Эти спутники представляют собой крошечные космические тела, всего лишь 22,2 и 12,6 километра в диаметре соответственно.

ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ РОБОТОВ

Человечество направило уже целую армаду автоматических научно-исследовательских станций, которые облетали Красную планету, садились на ее поверхность или же пересекали ее вдоль и поперек. Эти аппараты становились свидетелями закатов в иных мирах, видели пыльные вихри, носящиеся по всему Марсу, и даже смогли понаблюдать за нашей собственной планетой, светящейся на чужом небосклоне. Все это стало свидетельством необыкновенного духа поиска и исследовательских устремлений человека.

Главная задача всех этих миссий, начиная от «Маринера-4» в 1965 году и заканчивая более современным полетом «Кьюриосити», — выяснить, были ли когда-нибудь условия среды на Марсе благоприятными для развития там жизни. Во время полетов «Викинга» в 1970 годах — первых миссий, успешно функционировавших на поверхности планеты, — проводились эксперименты, позволившие непосредственно протестировать марсианскую почву на наличие биологических организмов. Первоначальные результаты были положительными, однако сегодня существует единодушное мнение о том, что те результаты были ошибочными. Передвижение этих автоматических станций ограничивалось местностью, непосредственно прилегающей к месту их посадки на поверхность планеты, однако в ходе реализации более поздних миссий на Марс со станции отправлялись колесные роботы, которые, передвигаясь в разные стороны, могли исследовать значительно большую поверхность планеты.

В частности, миссии с участием самоходных космических станций «Спирит» и «Оппортьюнити» оказались на удивление успешными. Они спустились на поверхность Марса в 2004 году, а их конструкция предполагала, что станция сможет проработать всего девяносто дней. Но вопреки замыслу исследователей «Спириту» удалось протянуть шесть лет и зафиксировать почти восемь километров пройденного им пути, прежде чем он оказался в безвыходном положении, застряв в пластах мягкого грунта. На момент написания этой книги «Оппортьюнити»

все еще продолжал прекрасно функционировать, пройдя большее расстояние, чем олимпийская дистанция марафонского бега*.

В 2012 году к этим станциям присоединился «Кьюриосити». Имея размеры, сходные с размерами небольшого автомобиля, он не мог спуститься тем же способом, что и «Спирит» с «Оппортьюнити». Эти космические аппараты были размещены внутри надувного кокона, который несколько раз ударился о поверхность планеты, прежде чем остановиться. «Кьюриосити» был спущен на поверхность Марса с помощью похожего на футуристическое устройство небесного крана. Стоит поискать и посмотреть видео удивительного маневрирования белой капсулы во время посадки аппарата на поверхность Марса, — это был воистину подвиг воображения и инженерной мысли.

СТРЕМЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА К МАРСУ

Люди вполне могли бы совершить полет на Марс в этом столетии, однако такие полеты значительно сложнее по сравнению с полетами на Луну, находящуюся всего лишь в трех днях полета и в 380 тысячах километрах от Земли. Полет на Марс продлится семь месяцев, за это время необходимо преодолеть расстояние в 225 миллионов километров.

* На данный момент миссия марсохода завершена, о чем NASA официально объявило 13 февраля 2019 года.
Прим. ред.

Длительное пребывание в космосе сопровождается опасностью подвергнуться радиоактивному излучению. Быстрые частицы высокой энергии внедряются в кожу и, сбрасывая свою энергию на клетки человеческого организма, разрушают структуру ДНК. Результатом радиации может стать заболевание раком, катарактой и прочими радиационными заражениями, а очень высокие дозы радиации могут привести к летальному исходу. Поэтому астронавты должны быть соответствующим образом защищены, но так, чтобы средства защиты были достаточно легкими и не препятствовали выполнению миссии. Огромную роль играет и вес груза. Людям требуется еда, вода и кислород. Доставка этого тяжелого груза на Марс — дорогостоящее предприятие, а спуск его на поверхность планеты сопряжен с большими опасностями. Разреженность атмосферы Красной планеты означает, что она не может служить необходимым тормозом при спуске аппарата.

Проблему составляет и обратное путешествие на Землю. Роботы не очень озабочены возвращением домой. Но люди — другое дело. Астронавтам необходимо взять с собой достаточный запас топлива или производить его на основе уже имеющихся на этой планете ресурсов, чтобы иметь возможность вернуться домой.

ПОЯС АСТЕРОИДОВ

Международная команда ученых совершает круиз со скоростью 39 тысяч футов на борту специально оборудованной летающей лаборатории. Все глаза и инструменты направлены на

объект, прорывающийся сквозь атмосферу со скоростью 12 километров в секунду. Тем временем на Земле четыре команды скаутов распределились по территории размером 20 на 200 километров, представляющей узкую полосу безлюдной пустоши в австралийской глубинке, в ожидании того, когда этот объект ударится о Землю. Наконец, они проследили, где он упал и, тщательно упаковав, забрали его для дальнейших анализов. Их находка только что упала из космоса, но она не была создана в космосе. Зонд Японского космического агентства (JAXA) «Хаябуса» вернулся на Землю после семилетней, полной приключений экспедиции к астероиду 25143 Итокава. Это стало первым случаем возвращения космической миссии, отправленной к астероиду.

Астрономы отправили свои аппараты на столь большое расстояние, потому что астероиды предоставляют уникальную возможность узнать больше о том, какой была Солнечная система до появления в ней планет. Астероиды представляют собой ископаемые останки с тех времен, когда Солнечная система только зарождалась, это планетарные строительные блоки, не ставшие частью планет.

Вращающиеся куски породы и металла обнаруживаются повсюду в пределах Солнечной системы, однако почти 90% этих кусков образуют некую поясообразную группу, находящуюся между орбитами Марса и Юпитера. Главный пояс астероидов представляет собой часть несостоявшейся планеты — той, которая не смогла образоваться из-за разруши-

тельного воздействия гравитации расположенного по соседству Юпитера.

Общая масса пояса астероидов на сегодня составляет всего 4% от массы Луны. При этом всего четыре астероида — Церера, Паллада, Веста и Гигия — в общей сложности составляют половину этой массы. Размеры остальных постепенно уменьшаются вплоть до размеров гальки и даже частиц пыли. Были ли астероиды крупнее — вопрос, требующий тщательного изучения. Космическая станция НАСА «Dawn» побывала на Весте в 2011 году, прежде чем отправиться год спустя к Церере. Прибыв на эту карликовую планету в 2015 году, станция стала первой в истории, которая совершала вращение вокруг двух различных космических тел Солнечной системы.

Главный пояс астероидов является местом обитания примерно двух миллионов астероидов диаметром больше одного километра. Можно представить, что путешествие сквозь это скопление летающих обломков действительно небезопасное предприятие.

И многочисленные фильмы в духе «Звездных войн», где герои с увертками и ухищрениями огибают летящие навстречу космические булыжники, помогают укрепить это представление. Но космос огромен и бесконечен. Различные иллюстрации и анимации пояса астероидов часто во много раз преувеличивают размеры космических обломков, чтобы мы могли видеть их. В действительности же среднее расстояние между астероидами составляет приблизительно миллион километров.

УГРОЗА ДЛЯ ЗЕМЛИ

Реальную опасность астероиды представляют тогда, когда они сталкиваются с Землей. Шестьдесят шесть миллионов лет назад астероид шириной в 10 километров — размер небольшого городка — пронесся над мексиканским побережьем, оставив после себя настоящую преисподнюю. И сегодня мы можем видеть остатки кратера, образовавшегося в результате его пришествия. Над океаном бушевало цунами, с неба низвергались сполохи огня, вмиг исчезли целые леса, последовало настоящее адское представление. Огромное количество обломков и пыли, выброшенных в атмосферу, погрузили Землю в ядерную зиму. Лишенные солнечного света растения начали вымирать. За ними последовали живые организмы, питающиеся растениями. После них наступила очередь плотоядных хищников. За столетний период вымерло 70% всех видов, обитавших на суше. В океанах эта цифра достигла 90% — огромное большинство океанических организмов не пережило этого катаклизма.

На наше счастье, такие катастрофические события, сопровождающиеся вымиранием огромного числа видов живых организмов, происходят нечасто. Космические обломки размером больше пяти километров в диаметре, как предполагается, сталкиваются с Землей один раз в каждые двадцать миллионов лет. И у нас есть одно очень важное преимущество, которого были лишены динозав-

ры: у нас есть телескопы. В настоящее время роботизированные телескопы непрерывно сканируют космическое пространство вокруг Земли в поисках объектов размером больше километра в диаметре, чтобы предсказывать траекторию их орбит на сто лет вперед. Хорошая новость состоит в том, что в ближайшее время никакое более или менее крупное космическое тело не пересечется с орбитой Земли, то есть угрозы из космоса нам можно не ждать.

Однако это не оберегает нас от возможности неожиданного столкновения со значительно меньшими космическими телами. В 2013 году по небу над российским городом Челябинском стремительно пронесся огненный шар. Двадцатиметровый астероид прокрался к нам, выйдя из-за Солнца, подобно внезапно атаковавшему нас истребителю Второй мировой войны. К счастью, никто не пострадал, но наблюдатели и жители города испытали настоящий шок, поскольку их окна были выбиты, а стекла разлетались в разные стороны.

Наступит время, когда огромный астероид снова будет угрожать Земле. К тому времени нам следует подготовиться, чтобы суметь что-то предпринять. Вопреки голливудским фильмам, идея взрыва этих объектов является наихудшей из всех возможных способов решения проблемы, так как это приведет к образованию огромного множества более мелких обломков, которые продолжат путь к Земле. Наиболее эффективным решением является способ сохранения целостности этого объекта и постепен-

ного отведения его от орбиты Земли с использованием гравитационного тяготения небольшой космической станции.

Таблица 3

| Планета | Диаметр | Расстояние от Солнца | Продолжительность дня | Продолжительность года | Средняя температура, °С | Наличие спутников |
|----------|---------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|
| Меркурий | 0,38 | 0,39 | 58,7 земного дня | 88 земных дней | 67 | 0 |
| Венера | 0,95 | 0,73 | 243 земных дня | 225 земных дней | 462 | 0 |
| Земля | 1 | 1 | 24 часа | 365 дней | 15 | 1 |
| Марс | 0,53 | 1,52 | 24,6 часа | 1,88 земного года | -63 | 2 |
| Юпитер | 11,21 | 5,2 | 9,84 часа | 11,86 земного года | -161 | 69 |
| Сатурн | 9,45 | 9,54 | 10,2 часа | 29,46 земного года | -189 | 62 |
| Уран | 4 | 19,18 | 17,9 часа | 84,07 земного года | -220 | 27 |
| Нептун | 3,88 | 30,06 | 19,1 часа | 164,81 земного года | -218 | 14 |

КОМЕТА 67P, РОЗЕТТА И ФИЛЫ

Это был один из самых дерзких прорывов в истории исследования космоса с использованием робототехники. После десяти лет поисков и 6,4 миллиарда километров пройденного пути, космический зонд «Розетта» Европейского космического агентства наконец-то пересекся с кометой, известной как 67P / Чурюмова — Герасименко (или просто 67P). В тот момент она находилась в пространстве между орбитами Марса и Юпитера.

Как и астероиды, кометы являются обитателями пространств между планетами. В отличие от своих

визави, состоящих из твердой породы или металла, кометы образованы преимущественно изо льда. Орбиты комет имеют сильно вытянутую эллиптическую форму, двигаясь вдоль которой они выходят из пространства за пределами Нептуна и приближаются к Солнцу на очень близкое расстояние. Человечество на протяжении тысячелетий наблюдало за кометами и изумлялось удивительным зрелищам, возникавшим в момент, когда кометы пролетали мимо нашей планеты. Нагретые солнцем и овеянные солнечным ветром, кометы демонстрируют два хвоста, которые могут тянуться за ними на миллионы километров.



Европейское космическое агентство вошло в историю, когда в 2014 году спускаемый аппарат «Филы» коснулся кометы 67P

Европейское космическое агентство раньше управляло космический зонд для того, чтобы получить фотографию кометы, но оно никогда не предпринимало попытки высадиться на нее. Учитывая, что

комета 67P вращается вокруг Солнца со скоростью в 55 тысяч километров в час, такая высадка казалась беспрецедентным подвигом. 12 ноября 2014 года ученые с тревогой наблюдали за тем, как «Розетта» отправляет спускаемый аппарат размером со стиральную машину на встречу с поверхностью кометы.

Не все происходило в точности по плану. Гарпуны, сконструированные специально для закрепления «Филы» на поверхности кометы, не сработали, оказавшись бесполезными. Автоматический аппарат ударился о поверхность и несколько раз подпрыгнул, прежде чем остановиться в километре от места падения в тени, отбрасываемой ледяной скалой. Оказавшись в темноте и лишившись возможности использовать солнечные панели, аппарат за два дня истощил свои запасы топлива. После вынужденной шестимесячной спячки «Филы» удивительным образом проснулся и в июне 2015 года снова поприветствовал «Розетту». Перемещение кометы в направлении Солнца привело к повышению температуры льда до уровня, достаточного для того, чтобы выволить «Филы» из тени.

Большая часть данных, полученных в результате выполнения миссии, все еще находится на стадии изучения учеными, но один примечательный результат анализа состоит в том, что вода на комете, похоже, отличается от той, что мы имеем на Земле. В этой воде обнаружено содержание дейтерия, что противоречит идее того, что кометы, подобные 67P, способствовали доставке воды на Землю на ранней стадии ее развития.

ЮПИТЕР

Король всех планет смотрится грандиозно и величественно даже через обычный небольшой домашний телескоп. Можно отчетливо разглядеть оранжевый цвет, а также слои горизонтальных поясов из облаков. Телескоп с чуть большим увеличением позволит также увидеть его знаменитое Большое красное пятно. Вместе с тем следует иметь в виду, что ускоренное вращение Юпитера — день на этой планете длится менее десяти земных часов — может привести к тому, что оно будет находиться на противоположной стороне планеты.

Быстрота его вращения вокруг своей оси означает, что Юпитер плотнее на экваторе по сравнению с полюсами.

Будучи самой большой из планет, вращающихся вокруг Солнца, Юпитер мог бы вместить в себя все другие планеты, и еще осталось бы пространство в запасе. Объем Юпитера равен 1321 объемам земного шара. Среднее расстояние планеты от Солнца составляет 778 миллионов километров, и, чтобы совершить один оборот вокруг Солнца, ей требуется около двенадцати лет.

Состав Юпитера приблизительно схож с составом Солнца — 75% водорода и 24% гелия. Однако остается значительная доля неопределенности относительно того, что происходит под поверхностью Юпитера. Существует предположение, что в центре планеты находится плотное ядро, но нам неизвестно, какой оно величины. По мнению астрономов,

между ядром и наружной атмосферой имеется слой жидкого водорода.

Пояса облаков в атмосфере Юпитера часто перемещаются в противоположных направлениях. При этом темные области называются зонами, а более светлые — поясами. На Юпитере наблюдались вспышки молний в тысячи раз более мощные, чем на Земле. Большое красное пятно, расположившееся в поясе облаков южного полушария Юпитера, представляет собой антициклон «долгожитель» с меняющимися размерами. В одно время он достигал размеров, превышающих четыре земных шара. Однако по последним наблюдениям он сокращается. Причины этого нам недостаточно ясны, хотя ученые наблюдали небольшие завихрения газа, так называемые «вихри», которые входили в эпицентр шторма, — возможно, именно они и приводят к изменению внутренней структуры антициклона.

Малоизвестный факт, относящийся к Юпитеру, состоит в том, что у этой планеты есть кольца. На самом деле все четыре планеты-гиганта обладают кольцевой системой. В отличие от колец изо льда у Сатурна, кольца Юпитера состоят из пыли. Они были обнаружены лишь в тот момент, когда в 1979 году космический зонд «Вояджер» пролетал мимо Юпитера.

Являясь самой большой планетой Солнечной системы, Юпитер обладает самой большой силой гравитационного притяжения. В настоящий момент ведутся многочисленные споры о роли, которую эта планета сыграла в зарождении и формировании

Солнечной системы в целом. Юпитер был вовлечен в позднюю тяжелую бомбардировку метеоритами, которая представляла собой непрерывный поток интенсивных ударов и столкновений, происходивших внутри Солнечной системы. В то же время остается неясным, является Юпитер «своим или чужим», то есть другом или врагом — способствует он нашей безопасности с помощью резкого изменения траектории космических тел, угрожающих Земле или же представляет для нас угрозу, направляя эти тела по опасным для нас траекториям. Вероятнее всего, здесь имеет место и то, и другое.

СПУТНИКИ ЮПИТЕРА

Как можно было ожидать, самая большая планета Солнечной системы обладает и самым большим числом спутников — шестьдесят девять, по последним подсчетам*. Большая часть этих спутников — крошечного размера, и они представляют собой главным образом астероиды или кометы, блуждавшие слишком близко к гигантской планете и попавшие в ее гравитационную паутину. Некоторые из спутников Юпитера заслуживают ровно такого же внимания, как и сами планеты. В частности, четыре так называемых галилеевых спутника Юпитера, открытые

* На 2019 год известны 79 спутников Юпитера.
Прим. ред.

Галилео Галилеем еще в 1610 году, — это Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

Ганимед — крупнейший спутник во всей Солнечной системе. Превышая 5 тысяч километров в диаметре, он даже больше, чем планета Меркурий. Однако, как мы увидим дальше, чтобы называться планетой, космический объект должен вращаться по орбите вокруг Солнца. У его соседки Каллисто очень древняя поверхность, мало изменившаяся за последние 4 миллиарда лет. Ее изрешеченная ударами наружная часть носит на себе гораздо больше следов разрушительных воздействий и шрамов, чем какое-либо другое космическое тело в Солнечной системе.

ЮНОНА

В последние годы космический аппарат НАСА «Юнона» посылал на Землю беспрецедентно подробные снимки Юпитера. «Юнона» прибыла на место в 2016 году, став всего вторым по счету сделанным руками человека космическим объектом, вращающимся по орбите вокруг крупнейшей в Солнечной системе планеты. Первый такой объект завершил свою миссию в 2003 году. Десятилетние успехи в развитии технологии фотосъемки кажутся более чем очевидным, учитывая то обилие впечатляющих по зрелищности снимков, целым потоком направившихся к Земле.

Крупномасштабные снимки Большого красного пятна, сделанные «Юноной» с близкого расстояния в момент спуска аппарата на поверхность планеты, должны помочь астрономам выяснить, почему знаменитое пятно сокращается. Точные

измерения силы гравитационного притяжения со стороны планеты, которое воздействовало на аппарат, помогут ученым понять, что происходит в ядре планеты. Выяснение состава атмосферы Юпитера является ключом к пониманию того, как образовалась эта планета, а также вся Солнечная система.

Мало кому известно, что во время путешествия «Юнона» брала с собой на борт три алюминиевых фигурки «Лего». Они представляли собой римского бога Юпитера, его супругу Юнону и Галлилея, первого астронома, наблюдавшего планету через телескоп.

Между тем, вероятно, двумя самыми интригующими спутниками Юпитера являются самые близкорасположенные к планете галилеевы спутники: Ио и Европа. Ио требуется всего 1,5 дня для того, чтобы совершить один оборот вокруг планеты. Подобная близость к Юпитеру приводит к образованию мощных приливно-отливных движений на поверхности небольшого спутника, в результате которых он то расширяется, то сжимается. Эти постоянные колебания, называемые приливым разогревом, приводят к расплавлению породы и являются источником энергии более 400 активных вулканов, так что Ио превратился в самое вулканически активное место Солнечной системы. Огромные струи серы здесь непрерывно взмывают ввысь на сотни километров.

Неудивительно, что содержание воды на этом спутнике наименьшее по сравнению со всеми другими космическими объектами Солнечной системы.

У Европы, находящейся на большем расстоянии от планеты, такой проблемы нет. Будучи также подверженным приливному разогреву, хотя далеко не столь интенсивному, лед на этом спутнике превращается в воду. Много воды. Существует предположение, что на Европе больше жидкой воды, чем во всех земных океанах, озерах, реках и морях вместе, взятых. Все это, бесспорно, ставит Европу на первое место в списке космических объектов, где можно предполагать наличие жизни и куда можно устремить наши поиски внеземных цивилизаций.

САТУРН

Последняя из всех классических планет, которая стала известна нашим древним предшественникам, Сатурн, находится на расстоянии почти 1,5 миллиарда километров от Солнца. Тот факт, что мы можем наблюдать планету невооруженным глазом, несмотря на огромное расстояние, которое нас разделяет, является свидетельством ее размеров и того, как много солнечного света она отражает в нашу сторону. Эта вторая по размерам планета могла бы вместить в себя более 750 таких планет, как Земля.

Но вопреки своим размерам Сатурн невероятно легкий по весу. Его показатели средней плотности, равные 0,7 грамма на кубический сантиметр, — наименьшие по сравнению со всеми другими пла-

нетами Солнечной системы. Это ниже показателей плотности воды (1 г/см^3), а это значит, что если бы эту планету поместили в огромную ванну, то она просто всплыла бы, конечно, при условии достаточных размеров ванны. Хотя в действительности она заморозила бы воду, поскольку средняя температура на Сатурне составляет -178 градусов по Цельсию.

Отчетливо желтый цвет планеты связан с кристаллами аммония в высших слоях ее атмосферы. Временами здесь наблюдаются ураганы и бури, разрывающие атмосферу Сатурна, которые происходят преимущественно в тот момент, когда Сатурн оказывается в ближайшей к Солнцу точке орбиты, что происходит каждые тридцать лет или около того.

По прибытии космического аппарата «Вояджер», астрономы заметили гексагональное по форме облачное образование поверх северного полюса планеты. Каждая из сторон шестиугольника превышает диаметр Земли. Это образование наблюдала и станция «Кассини», она обнаружила, что в период между 2013 и 2017 годами эта полярная шапка Сатурна меняла свой цвет от голубого до золотого.

Так же, как и в случае с Юпитером, астрономы теряются в догадках относительно того, что происходит под облачным слоем Сатурна. Высказываются предположения, что под кристаллами аммония имеются водяные облака. А под ними, вероятнее всего, лежат слои металлического водорода, под которыми скрывается твердое ядро плотной поро-

ды массой в 9–22 раза превышающей массу Земли. Некоторые ученые даже высказывались о том, что в атмосфере Сатурна, возможно, образуются алмазы со скоростью тысяча тонн в год. Молнии превращают газ метан в углеродную пыль, которая впоследствии, по мере падения в направлении ядра планеты, меняет свою структуру, образуя кристаллы алмаза.

КОЛЬЦА САТУРНА

Загадочные кольца Сатурна являются самой известной частью Солнечной системы. Тем не менее, вопреки всем усилиям ученых, никто пока не знает точно, откуда они взялись.

Издали они могут выглядеть как целостные образования, однако в действительности состоят из отдельных кусков льда, которые могут достигать по величине размеров домов. Если бы кому-нибудь пришлось собрать весь материал, из которого состоят кольца, в один шар, он в итоге получил бы нечто, по размеру сходное со спутником Сатурна Мимасом. Отсюда можно заключить, что кольца, вероятно, возникли как спутники, которые затем были разорваны на части силой гравитации планеты или же сами разбились на мелкие осколки в результате какого-то столкновения.

Последние данные с аппарата «Кассини» говорят о том, что кольца Сатурна гораздо моложе

Солнечной системы: им, вероятно, всего 100 миллионов лет.

Если бы они были старше, солнечный ветер мог бы давно сделать материал, из которого они состоят, значительно темнее. Нам сильно повезло жить в то время, когда у Сатурна имеются кольца, поскольку, скорее всего, на протяжении большей части его истории у этой планеты их просто не было.

Даже с помощью любительского телескопа можно увидеть с Земли, что у колец Сатурна имеются разрывы. Самый большой из них называется «разрыв Кассини», и в этом случае просматривается влияние спутника Мимаса — его гравитационное притяжение способствует сохранению разрыва. Некоторые из спутников Сатурна вращаются внутри колец — их называют «спутниками-пастухами». Все кольца Сатурна обозначаются заглавными буквами в алфавитном порядке в порядке их обнаружения, а не в зависимости от их расстояния от планеты.



Аппарат НАСА «Кассини» сделал этот потрясающий по красоте снимок колец Сатурна в свете лучей Солнца

Кольца продолжают таить в себе множество загадок. С момента пролетов «Вояджера» на малой высоте мимо планеты в начале 1980-х годов, астрономы обнаружили на кольцах щербинки — затемненные образования напоминающие спицы в велосипедном колесе. Их снова сфотографировали в ходе недавней миссии «Кассини», однако мы все еще не знаем, что они собой представляют.

КАССИНИ

Миссия «Кассини» в корне изменила наше представление об этой окольцованной планете. Запущенная в 1997 году, она достигла Сатурна в 2004-м. 15 сентября 2006 года «Кассини» сделала один из самых зрелищных и впечатляющих снимков в истории астрономии. На снимке видно, как планета заслоняет Солнце, а солнечные лучи создают фоновую подсветку немислимой по красоте системы колец Сатурна.

В 2017 году, когда топливо было на исходе и миссия близилась к завершению, «Кассини» предприняла серию из более двадцати отважных проходов сквозь кольца планеты. Аппарат приближался к кольцам со скоростью 100 тысяч километров в час и оказался ближе, чем за все время выполнения миссии. Астрономам даже хватило времени сделать сквозь материал колец еще один мгновенный снимок Земли, находящейся вдали.

Напоследок астрономы преднамеренно столкнули «Кассини» с Сатурном, разрушив аппарат

в сентябре 2017 года, через двадцать лет после того, как миссия покинула Землю, отправившись в космическое пространство Солнечной системы. Тем самым ученые предотвратили возможное непреднамеренное заражение колец Сатурна или его спутников.

СПУТНИКИ САТУРНА

Подобно Юпитеру, Сатурн в его перемещении по орбите вокруг Солнца сопровождают более шестидесяти естественных спутников. Большая их часть — крошечные, однако Титан превышает по размеру планету Меркурий. Это второй по величине спутник в Солнечной системе после Ганимеда — спутника Юпитера.

Мимас получил прозвище «Звезда смерти» за свое сходство с космической станцией размером со спутник во франшизе «Звездных войн». Это зловещее сопоставление — простое совпадение, так как «Звезда смерти» появилась на экранах мира за три года до поступления первого изображения Мимаса.

Гиперион — самый странный из всех спутников Сатурна. Гигантский космический булыжник из вулканической породы, испещренный дырами неправильной формы, он стал первым открытым спутником, имеющим некруглую форму. Вероятно, он является фрагментом или осколком,

оставшимся после катаклизма, случившегося в древности.

Однако спутником, который в настоящее время привлекает всеобщее внимание, является Энцелад. Здесь вода бьет ключом, прорываясь из трещин на поверхности льда. В 2017 году астрономы объявили об обнаружении здесь веществ со сложным химическим составом — строительных блоков живых организмов. Их присутствие наряду с наличием воды означает наличие самой жизни, однако первоначальный энтузиазм, связанный с этим известием, быстро иссяк, когда на спутнике был обнаружен и токсичный метанол. Тем не менее Энцелад, как и Европа, находится на вершине списка потенциальных претендентов на звание обитаемого космического объекта.

Еще остается Титан. Наряду со своими размерами спутник выделяется толстым слоем дымчатой атмосферы — это единственный спутник в Солнечной системе, который обладает атмосферой. Астрономы отправили спускаемый аппарат «Гюйгенс», который должен был пройти сквозь мрак атмосферы спутника и достичь его поверхности. Аппарат опустился на высохшее русло реки в районе под названием Ксанаду 14 января 2005 года. Он стал первым и единственным аппаратом, когда-либо спускавшимся во внешней Солнечной системе.

Карта поверхности Титана открывает нам мир, который слишком сильно напоминает уже увиденное. Береговые линии, архипелаги, острова и полуострова были вымыты океанами, которые на-

катывали волнами и оттачивали древние берега. Однако этой размывшей все жидкостью не могла быть вода, поскольку из-за большого расстояния до Солнца здесь слишком низкие температуры. Виновником всех бед на спутнике является жидкий метан.

УРАН

По нашему мнению люди, живущие в приполярных областях планеты, несчастны. Большую часть года они погружены в постоянную темноту или, наоборот, должны проживать дни, которые никогда не кончаются. Между тем освещение полюсов Урана поднимает этот вопрос на совершенно новый уровень.

Планета перевернута на бок, и ее полюса находятся приблизительно на одной линии с плоскостью ее орбиты, вращающейся вокруг Солнца в течение 84 лет. Это означает, что на полюсах Урана в течение 42 лет длится постоянный день, за которым следует 42-летняя непроглядная ночь. Из этого, однако, не следует, что дни на планете особенно яркие. Находясь на расстоянии в двадцать раз дальше от Солнца, чем наша планета, Уран довольствуется солнечным светом, интенсивность которого составляет лишь одну четырехсотую долю того, что получает Земля. Диаметр Урана равняется четырем диаметрам Земли.

Никто не знает, как именно Уран дошел до такой неразберихи в своем положении, однако, как и во всех других странных случаях, происходящих в Солнечной системе, всё указывает на какое-то гигантское столкновение. Очевидно, что система колец Урана также соответствует этому наклону: кольца опоясывают планету приблизительно в направлении сверху вниз, а не из стороны в сторону, как у Сатурна.

Обе планеты — и Уран, и Нептун, — часто называют ледовыми гигантами, так как по химическому составу они выделяются, отличаясь этим от газовых гигантов — Юпитера и Сатурна. На том расстоянии от Солнца, на котором находится Уран, вода, аммоний и метан — все превращается в лед.

На данный момент открыты двадцать семь спутников, вращающихся вокруг Урана. Все они получили названия по имени героев шекспировских драм или работ Александра Поупа. Знакомые имена включают Ромео, Джульетту, Офелию («Гамлет»), Пака и Оберона («Сон в летнюю ночь»).

Самым большим спутником Урана является Титания («Сон в летнюю ночь»), хотя, недотягивая и до 800 километров по ширине, этот спутник в два раза меньше в диаметре, чем наша Луна. Миранда («Буря»), возможно, самый яркий спутник Урана, демонстрирующий огромные шрамы по всей своей поверхности. Такой ее облик позволяет предположить, что это довольно «суровый спутник» — его откололи от чего-то, но впоследствии не вернули на прежнее место.

Единственной миссией, побывавшей на Уране, является «Вояджер-2». Будучи отправленным в сторону Урана в 1986 году, он увидел почти бесцветную, однообразную, ничем не примечательную сине-зеленую атмосферу, резко контрастирующую с ее более активными соседями. Звучали призывы послать новую космическую миссию к этой далекой планете, чтобы исследовать затерянный мир в попытке раскрыть его секреты.

НЕПТУН

В течение лета 1989 года «Вояджер-2» оставил гигантские планеты позади себя. Удаляя аппарат от Солнца, ученые повернули его камеры назад, чтобы еще раз зафиксировать удаляющийся отблеск Нептуна и его крупнейшего спутника Тритона. Оба небесных тела были освещены и имели форму полумесяцев, когда последнее мерцание отраженного солнечного света исчезло из виду.

В противоположность Урану, поверхность Нептуна цвета морской волны демонстрировала невероятную динамику. «Вояджер-2» обнаружил Большое темное пятно шириной в диаметр Земли в южном полушарии планеты. Это пятно сопровождало стремительнодвигающееся яркое образование, известное по его ласковому названию «Скутер». К тому времени, когда кос-

мический радиотелескоп «Хаббл» был направлен в сторону Нептуна в 1994 году, Большого темного пятна уже не было, оно исчезло, сменившись новым ураганом, развивающимся к северу от экватора. Бури на Нептуне бушуют, сопровождаясь самыми мощными в Солнечной системе ветрами, достигающими скорости 580 метров в секунду (1300 миль в час).

Что касается массы, Нептун занимает место примерно между Землей и Юпитером — планета в семнадцать раз тяжелее первой и в девятнадцать раз легче последней. Орбита Нептуна находится в тридцать раз дальше от Солнца, чем у нашей планеты, и ему требуется 165 лет, чтобы завершить один оборот вокруг Солнца. Температуры на Нептуне падают до -218 градусов по Цельсию.

К настоящему времени открыто четырнадцать спутников Нептуна, последний был обнаружен совсем недавно — в 2013 году. Куда более интересен — и часто ставит в тупик — Тритон. Этот спутник не только демонстрирует геологическую активность, что ставит его в ряд редких объектов наряду со спутником Юпитера Ио и спутником Сатурна Энцеладом, — он также вращается вокруг Нептуна в противоположном направлении по отношению к движению его планеты вокруг Солнца. Это единственный крупный спутник в Солнечной системе с так называемой ретроградной орбитой.

Все это сильно затрудняет поиски ответа на вопрос о том, как и из чего они произошли. Как правило, ретроградные спутники невелики

по размеру — это космические тела наподобие астероидов или комет, приблизившихся к планете под косым углом, которые в итоге стали вращаться вокруг нее в обратном направлении. Не так-то легко заставить космическое тело диаметром в 2700 километров вращаться таким образом. По мнению многих астрономов, Тритон, вероятнее всего, изначально был карликовой планетой, которая была притянута с далекого расстояния силой гравитации Нептуна. Почему она не столкнулась с Нептуном, вместо того чтобы аккуратно обосноваться на стабильной орбите, остается неясным.

Поверхность большей части западной половины Тритона имеет необычный вид, и астрономы называют ее «территорией канталупы» из-за ее сходства с дыней. Южный полюс спутника покрыт шапкой льда из замерзшего азота и метана, припорошенного пылевыми осадками, извергнутыми криовулканическими гейзерами.

ПЛУТОН

Несчастный Плутон. Этот замерзший снежный ком за пределами орбиты Нептуна имеет сложную судьбу. Когда в 1930 году планету открыл американский астроном Клайд Томбо, ее сразу же, незамедлительно, объявили девятой планетой Солнечной системы. Но членство Плутона в этом экс-

клюдивном клубе продолжалось менее чем столетие.

Все начало рушиться в середине 2000-х годов. Во-первых, астрономы обнаружили Эриду, находящуюся дальше от Солнца, которая, как предполагалось, превосходила по размеру Плутон и также вращалась вокруг Солнца. Астрономы столкнулись с дилеммой, связанной с тем, как классифицировать Эриду. Если Плутон считается планетой, тогда Эрида имеет все те же права, — она тоже вращается вокруг Солнца и больше по величине, чем Плутон. Где пролегает грань между планетами и остальными объектами Солнечной системы, обладающими меньшими размерами?

Статус Плутона подвергся дальнейшей критике, поскольку эта планета выделяется и по другим причинам. В первую очередь, ее орбита пересекается с орбитой Нептуна. В течение двадцати лет Плутон находится ближе к Солнцу. В период между 1979 и 1999 годом этот космический объект считался восьмой по счету, а не девятой, планетой Солнечной системы. Он также участвует в гравитационном танце с Нептуном, который астрономы называют резонансом. Плутон совершает ровно два оборота вокруг Солнца на каждые три оборота, которые совершает Нептун за то же самое время. А это означает, что обе планеты всегда держатся по отдельности и риск их столкновения практически равен нулю.

Для Плутона характерны такие же дисфункциональные взаимоотношения и с его крупнейшим

спутником Хароном. В отличие от нормальной системы «планета — спутник», эти два космических тела вращаются вокруг общей точки, находящейся в открытом пространстве между ними.

Итак, чем-то нужно было жертвовать. Летом 2006 года на заседании Международного астрономического союза (IAU) было принято решение изменить статус Плутона, изменить его классификацию (и классификацию Эриды), переведя их в новый класс объектов — карликовых планет (см. следующий раздел).

Плутон был низвергнут, так как он «не расчистил пространство вокруг своей орбиты», — он не является наибольшим объектом на своем пути вокруг Солнца (таким наибольшим объектом является Нептун). Но все же решение остается крайне противоречивым.

Еще в 2005 году, когда этот объект значился планетой, НАСА запустила автоматическую станцию «Новые горизонты» для исследования Плутона. Но к тому времени, когда аппарат достиг пункта своего назначения, это была уже не планета. Является Плутон планетой или нет, не столь важно, автоматическая станция обнаружила восхитительное место, значительно превосходящее все ожидания многих астрономов. Мы не просто получили первые высококачественные изображения этого холодного бездушного мира — он оказался более активным, чем кто-либо мог предполагать. Вопреки температурам на этой планете, которые могут упасть до -240 градусов по Цельсию, некоторые неизвестные

нам геологические процессы в недавнем прошлом сильно изменили его поверхность.

В процессе подготовки к прибытию «Новых горизонтов» астрономы изучили всю прилегающую к Плутону область, проверив, нет ли каких-либо признаков наличия дополнительных спутников, которые могли бы оказаться опасными для миссии. Они обнаружили два таких спутника — Керберос и Стикс, которые присоединились к трем уже известным спутникам — Харону, Никсу и Гидре.

КАРЛИКОВЫЕ ПЛАНЕТЫ

Решение установить строгие правила для определения планет наряду с правилами включения в разряд карликовых планет просто-напросто взорвали все учебники по астрономии. Вот как выглядит резолюция, принятая астрономами на конгрессе Международного астрономического союза в Праге в августе 2006 года.

1. Планетой является небесное тело, которое:
 - а) вращается вокруг Солнца,
 - б) обладает достаточной массой, чтобы под воздействием собственной гравитации поддерживать гидростатически равновесную (практически шарообразную) форму и
 - в) очистило прилежащее к ней пространство вокруг ее орбиты.

2. Карликовой планетой является небесное тело, которое:
- а) вращается вокруг Солнца,
 - б) обладает достаточной массой, под воздействием собственной гравитации поддерживать гидростатически равновесную (практически шарообразную) форму,
 - в) не очистило прилежащее к ней пространство вокруг ее орбиты и
 - г) не является спутником.

Плутон проваливается на пункте 1в. Его неудача принесла успех Церере. Уже в 1801 году, когда этот крупнейший астероид из пояса астероидов был впервые обнаружен, он рассматривался и как планета. Но впоследствии эта выскочка довольно быстро лишилась столь почетного звания, однако решение астрономического союза 2006 года все же продвинуло ее на шаг выше, предоставив ей статус карликовой планеты. Еще три небесных тела, расположенные дальше Плутона, — Эрида, Хаумеа и Макемаке — были также возведены в ранг карликовых планет.

Эрида является самым большим небесным телом Солнечной системы, еще не принимавшим какого-либо гостя с Земли — к ней еще не направлялся космический аппарат. Она находится почти в 100 раз дальше от Солнца, чем Земля, и, чтобы совершить один оборот вокруг него, ей требуется 558 лет. Ее сопровождает, по меньшей мере, один спутник — Дисмония.

Хаумеа или Хаумея — довольно странное небесное тело, яйцеобразный овоид, крутящийся по орбите вокруг Солнца в компании со своими спутниками — Хииака и Намака.

В 2017 году астрономы обнаружили у Хаумеа кольца. Свое название эта карликовая планета получила по имени гавайской богини, поскольку была открыта с помощью телескопа, расположенного на этих островах. Однако изначально она имела прозвище «Санта», так как была обнаружена сразу же после Рождества.

Название карликовой планеты Макемаке происходит из мифологии острова Пасхи — она была открыта во время Пасхи. Отсюда ее первоначальное прозвище — «Пасхальный кролик». О наличии спутника у планеты было объявлено еще в 2016 году, однако на момент написания данной книги официального сообщения об этом еще не поступало.

В действительности существует гораздо большее число карликовых планет. Одной из них, например, определенно является Седна. Но она вращается по орбите, для завершения которой ей требуется 11 400 лет. Это сильно затрудняет проверку того, отвечает ли она критериям шарообразности формы. Так что ждите сообщений о новых и новых карликовых планетах по мере того, как будут появляться все более продвинутые и крупные телескопы, и мы сможем ближе увидеть мириады этих крошечных раскинувшихся вдали от нас обширных миров.

ПОЯС КОЙПЕРА И РАССЕЯННЫЙ ДИСК

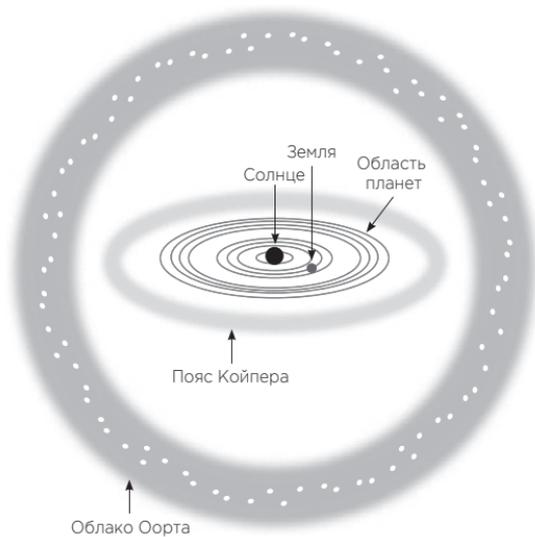
Открытие Плутона в 1930 году до крайности возбуждало наше воображение. Астрономы начали строить предположения о том, что новая планета была лишь одним из целого множества иных миров, вращающихся вокруг Солнца за пределами орбиты Нептуна. Многочисленные ученые и мечтатели на протяжении десятилетий импровизировали на тему этой идеи, однако с этой областью Солнечной системы чаще всего стало ассоциироваться имя голландского астронома Герарда Койпера. В настоящее время эта область Вселенной известна как пояс Койпера.

Но все это выглядит довольно парадоксально, в частности, в свете того, что сам Койпер совершенно недвусмысленно утверждал, что пояса больше не существует. Ближе к истине был ирландский астроном Кеннет Эджуорт, который опубликовал свои идеи раньше Койпера. Тем не менее, когда в 1992 году был обнаружен первый после Плутона объект за пределами орбиты Нептуна, это было провозглашено как доказательство существования пояса Койпера, а не пояса Эджуорта.

Пояс Койпера простирается от орбиты Нептуна и дальше на расстояние, приблизительно в пятьдесят пять раз большее, чем расстояние от Земли до Солнца.

К настоящему времени в поясе Койпера обнаружено более тысячи космических объектов, объектов пояса Койпера (ОПК), а астрономы уверены,

что их число может достигать 100 тысяч, при этом предполагается, что это будут объекты диаметром в 100 километров. Однако общая масса этих небесных тел составляет не больше, чем десятая доля массы Земли. Предполагается, что эти небесные тела образовались из планетезималов тем же путем, что и сами планеты, но они значительно меньше по размеру в силу того, что на этом отдалении от Солнца в момент их зарождения в наличии было значительно меньше исходного материала. Плутон — самый знаменитый ОПК, наряду с карликовыми планетами Хаумеа и Макемаке.



Пространство Солнечной системы не заканчивается планетами. За пределами орбиты Нептуна простираются пояс Койпера и облако Оорта

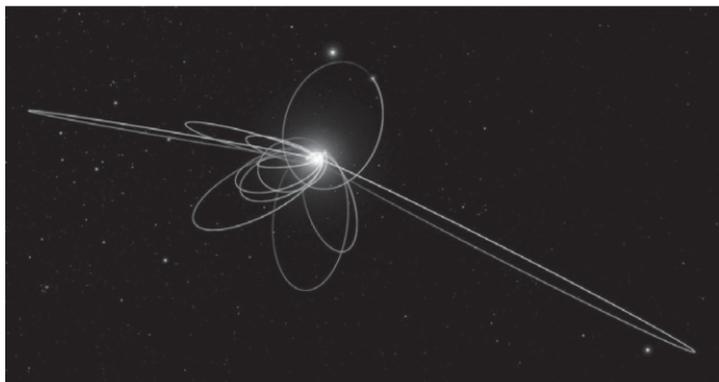
Эрида, другая транснептуновая карликовая планета, находится за пределами пояса Койпера в об-

ласти, известной как Рассеянный диск. Орбиты небесных тел, находящихся в этой области Солнечной системы, могут увести их на расстояние в сто раз большее, чем расстояние от Земли до Солнца. Происхождение Рассеянного диска остается до конца неясным, но большинство астрономов связывает его с Нептуном — предполагается, что эта планета, удаляясь от Солнца на начальном этапе развития Солнечной системы, расталкивала и рассеивала небесные тела из пояса Койпера.

ПЛАНЕТЫ № 9 И № 10

Запомнить все девять планет Солнечной системы очень легко, если использовать для этого ассоциативное запоминание. В английском языке для этого существовали хорошие мнемонические сочетания. После того как статус планеты Плутон понизили, пришлось сочинять новые «запоминалки». Однако надо быть готовым менять их снова.

Чем больше мы изучали транснептуновые объекты, тем сильнее ощущали, что здесь происходит нечто довольно странное. Еще в 2014 году было отмечено, что два объекта пояса Койпера — Седна и 2012 VP₁₁₃ — занимают очень сходные орбиты. В особенности это касается того, что у них общий аргумент перигелия — угол их наклона по отношению к планетам при нахождении их в ближайшей к Солнцу точке орбиты.



Сходный наклон орбит нескольких малых объектов внешней Солнечной системы может быть следствием гравитации со стороны невидимой нам девятой планеты

Эти значения по понятным причинам должны быть случайными, однако они мистическим образом похожи. Вдобавок в 2016 году астрономы обнаружили, что еще четыре небесных тела имеют то же свойство. Было вычислено, что вероятность того, что это результат случайного совпадения, составляет всего 0,007%.

Большинство ученых объясняют это тем, что мы упустили какую-то планету в своей Солнечной системе. Во многом так же, как мы открыли Нептун по воздействию, которое его гравитация оказывает на Уран, притяжение этой пока еще невидимой планеты выстраивает орбиты этих шести малых миров. Чтобы предположение оказалось истинным, масса этой планеты должна быть в десять раз больше массы Земли, а время ее оборота по орбите вокруг Солнца должно составлять от 10 тысяч до 20 тысяч лет. В настоящее время астрономы всего мира ли-

хорадочно исследуют небесный свод, охотясь за этой первой новой планетой уже почти два века.

Новых планет может быть даже две. В июне 2017 года астрономы опубликовали исследование, предполагающее, что существование десятой планеты (если планета № 9 действительно находится там) может объяснить причины искажения орбит некоторых других объектов пояса Койпера. Десятая планета, если таковая существует, должна быть по массе примерно равна Марсу.

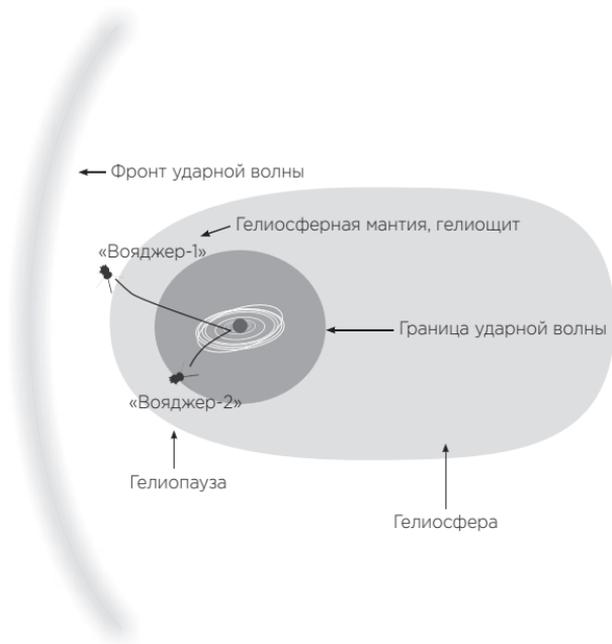
Очевидно, что наше представление о Солнечной системе далеко не полное и в ближайшем будущем оно может снова с легкостью измениться.

«ВОЯДЖЕР» И ГЕЛИОСФЕРА

Но где заканчивается Солнечная система? Одним из способов определения границы Солнечной системы является попытка определить, где влияние магнитного поля Солнца начинает убывать. Благодаря космической станции «Вояджер» у нас есть точные данные о границах этой так называемой гелиосферы.

В то время как «Вояджер-2» был занят исследованием Урана и Нептуна, «Вояджер-1» пробирался вперед в направлении окраин Солнечной системы. Сегодня эта область находится на расстоянии более 20 миллиардов километров от Солнца. ««Вояджер-2» передвигается вслед за ним, отставая от

него на три миллиарда километров. Хотя там совершенно не на что смотреть, в этой крошечной тьме абсолютной пустоты космического пространства, научные приборы обеих станций все еще продолжают функционировать. Все это время они посылали на Землю ежедневные показатели солнечного ветра, дующего им в спину. Требовалось более тридцати часов, чтобы эти радиосигналы вернулись на Землю.



В 2012 году космическая станция «Вояджер-1» стала первым искусственным объектом, покинувшим Солнечную систему, когда она пересекла гелиопаузу

Примечательно, что начиная с 2010-го и далее, скорость солнечного ветра, регистрируемого «Вояджером-1» упала до нуля. К августу 2012 года астро-

номы были уверены настолько, что могли объявить о том, что станция пересекла гелиопаузу — границу гелиосферы — и вышла в межзвездное пространство. «Вояджер-1» был провозглашен первым посланником Земли, покинувшим Солнечную систему. При сегодняшней скорости ему потребуется примерно 30 тысяч лет, чтобы достичь следующей звездной или солнечной системы.

ОБЛАКО ООРТА

Кометы с коротким периодом обращения — менее 200 лет — происходят из пояса Койпера и Рассеянного диска. Примером таких комет могут служить комета Галлея и комета 67P / Чурюмова — Герасименко. Кометы с длительным периодом обращения предположительно произошли из более отдаленного источника, известного как облако Оорта. Оно начинается в области, расположенной в тысячу раз дальше, чем Рассеянный диск, и простирается до области, находящейся в 30 триллионах километров от Солнца, что дальше половины расстояния до следующей звезды. Оно носит имя голландского астронома Яна Оорта, который обсуждал свою идею еще в 1950 году. Это облако продолжает оставаться гипотетическим — любая комета, обитающая в нем, слишком далека от Солнца, чтобы мы могли наблюдать ее непосредственно с помощью современных телескопов. «Вояджер-1» достигнет этой области примерно через 300 лет, но к тому времени его батареи будут уже давно мертвы. Кометы были бы так слабо связаны с Солнцем, что ближайшие звезды могли бы немного подтолкнуть их, напра-

вив внутрь к нам. В результате они вернутся туда, откуда пришли — астрономы убеждены, что они образовались во внутренних областях Солнечной системы, прежде чем были рассеяны во все стороны движением гигантских планет, когда те перемещались по направлению к своим сегодняшним орбитам.

Действительно, достижения «Вояджера-1» должны войти в историю как очень важный первый шаг. Но заявки и претензии, оставленные им в отношении Солнечной системы, должны восприниматься с большой осторожностью. Он покинул пределы Солнечной системы, только если ее границы определять в понятиях магнетизма. Но велика вероятность того, что пространства за ее пределами населены множеством других важных объектов или небесных тел, которые все еще вращаются вокруг Солнца, не говоря уже о потенциальной планете № 9. Можно ли говорить о том, что «Вояджер-1» покинул пределы Солнечной системы, если он так и не достиг самой отдаленной ее планеты?

МОДЕЛЬ НИЦЦЫ

Современная Солнечная система — очень непростое место с множеством сложных элементов и свойств. Создать логически последовательную картину того, как вращающийся диск из

осколков и обломков разной породы и вещества, окружавший зарождающееся Солнце, превратился в сложнейшую систему планет, спутников, карликовых планет, астероидов и комет, без преувеличения — настоящий подвиг. В последние годы огромной поддержкой в этих усилиях стало появление суперкомпьютеров, способных создавать и анализировать высокодетализированные модели. Лучшим примером такой модели на данный момент стала модель Ниццы, получившая свое название по названию города во Франции, где она была скомпьютеризована.

Эта модель предполагает, что четыре гигантские планеты начали свое существование в более тесно спаянной группе, прежде чем гравитационные взаимосвязи и взаимодействия привели их к миграции в направлении тех позиций, которые они занимают в настоящее время. Такая модель будет наилучшим образом отвечать сегодняшней Солнечной системе, если исходить из того, что Юпитер мигрировал во внутреннем направлении, а три другие газовые планеты устремлялись вовне. В некоторых моделях Уран и Нептун меняются местами. Если предположить, что Юпитер на самом деле вторгся в пояс астероидов, тогда это будет означать, что он разбрасывал повсюду множество космических пород, возможно, тем самым неся ответственность за позднюю тяжелую бомбардировку. Аналогичным образом прорыв Нептуна вовне привел к разрыву пояса Койпера и образованию Рассеянного диска. Вероятно, он также привлек к себе из этого пояса

крупный неправильной формы спутник Тритон. Некоторые кометы были рассеяны на достаточно далекие расстояния, чтобы образовать облако Оорта.

Изначально в модели Ниццы было всего четыре гигантские планеты. Но астрономы рассматривали наряду с ней и модель с пятой гигантской планетой, которая предположительно могла иметь разные размеры. К их удивлению, эта модель соответствовала звездной системе, еще больше похожей на нашу современную Солнечную систему. Если же пятая гигантская планета действительно когда-то существовала, то куда она делась и где она теперь? Если она тоже была рассеяна более крупными соседями, тогда она могла закончить тем, что оказалась где-то далеко за пределами орбиты Нептуна и по сей день продолжает находиться там. Если исходить из того, что планета № 9 действительно найдется, то почти наверняка это и будет та самая потерянная планета.

Единственная проблема модели Ниццы с пятью гигантскими планетами заключается в том, что последние компьютерные модели указывают на то, что миграции этих планет имели бы разрушительное воздействие на скальные планеты, то есть состоящие из твердых пород. Сценарии всех моделей заканчиваются тем, что Меркурий полностью выбрасывается из Солнечной системы. Но этого, что совершенно очевидно, пока не произошло. Однако можно допустить, что модель Ниццы все же верна, а миграции тех гигантских планет про-

исходили до того, как скальные планеты образовались. Но тогда мы не сможем объяснить позднюю тяжелую бомбардировку (ПТБ) как результат миграции Юпитера. А это будет аргументом в пользу тех, кто утверждает, что ПТБ вообще никогда не имела места.

Очевидно, что идеи о том, как образовалась наша Солнечная система, эволюционируют по мере того, как мы анализируем последние компьютерные модели в свете новых открытий, касающихся тех областей космического пространства, которые лежат за пределами орбиты Нептуна.



Piscis

Caput medusae

Dactylon

Andromeda

Perseus

Cassiopeia

Cepheus

Ictum

Virgo minor

Virgo maior

DRACO

Cygnus

Aquila

Hercules

Ophiuchus

Bootes

Corona borealis
Anguis



НАСКОЛЬКО ОНИ ЯРКИЕ?

Даже быстрого взгляда на ночное небо достаточно для того, чтобы понять, что некоторые звезды светят ярче, чем другие. Астрономы установили меру того, насколько яркой звезда представляется для нас — это звездная величина. Такая система мер основана на яркости свечения звезды Вега — одной из самых ярких на ночном небосклоне. Предполагается, что ее звездная величина равняется нулю. Звезды с отрицательными звездными величинами — ярче Веги, а те, что имеют положительные значения звездной величины — более тусклые. Каждый шаг шкалы звездных величин соответствует разнице в яркости приблизительно в два с половиной раза большей или меньшей по сравнению с предыдущим объектом. Следовательно, звезда со звездной величиной, равной $-1,0$, в 2,5 раза ярче, чем Вега, а звезда

со звездной величиной, равной +2,0, в 6,25 раза тусклее (2,5 x 2,5).

Между тем звезды не являются самыми яркими объектами на ночном небосклоне: полная луна (-12,74), Международная космическая станция (-5,9), Венера (-4,89), Юпитер (-2,91) — все эти объекты светят гораздо ярче. Самой яркой звездой на ночном небе является Сириус, имеющий звездную величину равную -1,47.

Тот факт, что звезда выглядит яркой на нашем ночном небе, не обязательно говорит о том, что она на самом деле очень яркая. Может оказаться, что она просто находится очень близко от нас. Аналогичным образом поразительно яркая звезда может казаться тусклой из-за того, что она находится на большом расстоянии от нас. Поэтому для отражения истинной яркости звезд астрономы используют альтернативную меру, называемую абсолютной звездной величиной. Этот показатель позволяет судить о том, насколько яркой была бы звезда, если бы она находилась от вас на расстоянии 32,6 светового года. Эта мера определяется по той же шкале, что и звездная величина.

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Не все звезды обладают постоянной яркостью — их звездная величина может со временем меняться. Астрономы называют такие звезды переменными. Обычно яркость звезд варьируется по одной из двух причин: либо они на самом деле

меняют свою яркость, либо что-то периодически вмешивается в их жизнь.

Одной из самых знаменитых переменных звезд является Алголь, также известный как звезда Дьявола. На карте звездного неба он часто изображается в виде дьявольского глаза на отрезанной голове Медузы, которую поднял кверху герой Персей. Каждые 2,86 дня яркость звезды падает с величины 2,1 до 3,4 приблизительно за десять часов. Происходит это потому, что это не одна звезда, а система из трех звезд. Когда самые тусклые звезды частично закрывают от нас самую яркую звезду, нам кажется, что она тускнеет.

Цефеиды — другой известный тип переменных звезд. Полярис — Полярная звезда, или Северная звезда, является ближайшим к Земле примером звезды такого типа. Эти звезды периодически расширяются и сжимаются, становясь то ярче, то тусклее.

Сириус — классический пример такого типа звезд. Его звездная величина может говорить о ее большой яркости — $-1,47$, но все же его абсолютная звездная величина равняется $1,42$. Эта звезда представляется нам самой яркой звездой на ночном небе по одной причине — потому что она находится относительно близко к Земле. Звездная величина Ригеля, звезды из соседнего созвездия Ориона, равна $0,12$, однако ее абсолютная звездная величина равна $-7,84$. Это одна из наиболее интенсивно светящихся звезд, которые мы можем наблюдать на ночном небосклоне.

НАСКОЛЬКО ДАЛЕКО?

Для того чтобы определить абсолютную звездную величину, необходимо знать, на каком расстоянии от нас они находятся. Отсюда путем обратных действий и используя звездную величину, можно получить необходимый показатель. Но у нас нет возможности измерить расстояние до небес с помощью рулетки, тогда как же вычисляются такие расстояния? Для расстояний до ближайших к нам звезд, в том числе видимых на ночном небе, астрономы используют так называемый метод параллакса.

Чтобы понять, как этот метод работает, представим себе на месте звезды ваш указательный палец. Поднимите его на вытянутой руке, закройте один глаз и расположите ваш палец на одной линии с точкой на каком-нибудь предмете, находящемся на расстоянии от вас, — например, можно взять за такую точку край рамы картины или угол комнаты. А теперь закройте другой глаз, открыв тот, что был закрыт до этого. Вы увидите, как ваш палец сместился в одну сторону. Затем повторите полностью это упражнение, но на этот раз ваш палец должен быть расположен значительно ближе к вашему лицу. На какое расстояние сместится ваш палец на этот раз — на большее или меньшее?

Надеюсь, вы видите, что ваш палец сделал значительно больший сдвиг, чем в первом случае. Когда вы смотрите на близлежащий предмет с двух разных точек обзора (в нашем примере два ваших глаза), он будет смещаться на большее расстояние относитель-

но заднего плана по сравнению с более отдаленным предметом. Астрономы имитируют ваши два глаза, проводя повторные наблюдения за звездами с интервалом в шесть месяцев, когда Земля находится на противоположных сторонах солнца. Звезда, находящаяся ближе к Земле, сместится на значительно большее расстояние по отношению к заднему плану, чем та, что находится дальше. С помощью тригонометрических уравнений угол, на который смещается звезда, преобразуется в расстояние до нее. Телескоп «Гайя» Европейского космического агентства, установленный в 2013 году, способен использовать параллакс для измерения расстояний до звезд, в пределах десятков тысяч световых лет от Земли. При больших расстояниях угол смещения становится слишком незначительным для того, чтобы сделать точные измерения, поэтому астрономы в случаях измерения космических расстояний используют другие методы.

НАСКОЛЬКО ОНИ ГОРЯЧИЕ?

Краны вашей ванной лгали вам всю вашу жизнь. Каждый день мы моем руки и чистим зубы, наклоняясь над раковиной, которая утверждает, что красное — это горячее, а синее — холодное. В действительности все как раз наоборот. И вам нет необходимости смотреть на звезды, чтобы это увидеть и понять. Самые горячие языки пламени, такие, например, как пламя, выпускаемое реактивным са-

молетом, синего цвета. Обычное открытое пламя желтого цвета. И только тогда, когда огонь начинает затухать, пламя становится красным.

Звезды не находятся в состоянии пожара, но принцип остается тем же. Посмотрев на цвет звезды, мы можем сказать, насколько она раскалена. Самые холодные звезды имеют красный цвет с температурой поверхности приблизительно 3000 К (Кельвинов; для перевода в градусы по Цельсию нужно отнять 273). Желтые звезды находятся где-то посередине с поверхностной температурой, равной 6000 К. Самые горячие звезды, которые кажутся синими, могут достигать 50 000 К.

Таблица 4

| Спектральный класс | Цвет | Температура (К) | Процентное отношение всех звезд |
|--------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|
| O | голубые | >30 000 | 0,00003 |
| B | бело-голубые | 10 000-30 000 | 0,1 |
| A | белые | 7500-10 000 | 0,5 |
| F | желто-белые | 6000-7500 | 3 |
| G | желтые | 5200-6000 | 7,5 |
| K | оранжевые | 3700-5200 | 12 |
| M | красные | 2400-3700 | 76,5 |

Астрономы подразделяют все звезды на семь групп по их цветам, используя систему, известную как Гарвардская спектральная классификация. Группы обозначаются буквами O, B, A, F, G, K и M. Первоначально группы назывались по буквам от A до Q, но оказалось, что многие группы перекрываются,

а некоторые просто выпадают. Солнце относится к звездам G-класса, так что большинство звезд во Вселенной холоднее, чем наше. Самая яркая звезда O-класса на ночном небе — это Альнитак в поясе Ориона. Звезды M-класса слишком тусклые, чтобы мы могли их видеть.

Приведенные здесь процентные соотношения относятся к звездам в основном периоде их существования — о таких звездах астрономы говорят, что они находятся в основной последовательности, поскольку попадают на диагональную линию диаграммы Герцшпрунга-Расселла.

ДИАГРАММА ГЕРЦШПРУНГА — РАССЕЛЛА

Диаграмма Герцшпрунга — Расселла (Г-Р) является своего рода иконой в астрономии. Она показывает зависимость абсолютной звездной величины от цвета звезды (или ее спектрального класса). Диаграмма была составлена в начале двадцатого века датским астрономом Эйнарсом Герцшпрунгом и американским астрономом Генри Норрисом Расселлом для визуализации процесса эволюции звезд.

Малые прохладные звезды (K и M классов) находятся в нижнем правом углу диаграммы. Более крупные и горячие звезды (O и B классов) локализируются ближе к верхнему левому углу. Линия, пролегающая

между этими экстремальными значениями, известна как главная последовательность.

В звездах, лежащих на этой линии, происходит слияние водорода с образованием гелия, точно так же, как это происходит на Солнце. Однако по мере старения звезды запасы водорода в ее ядре истощаются. Далее мы рассмотрим более подробно, что при этом происходит, но звезда начинает разбухать. При этом она начинает распространять свое тепло по значительно более обширной площади поверхности и становится красной. Астрономы говорят об этом, что звезда «вышла из главной последовательности», и тогда красные гиганты и красные супергиганты оказываются выше этой линии.

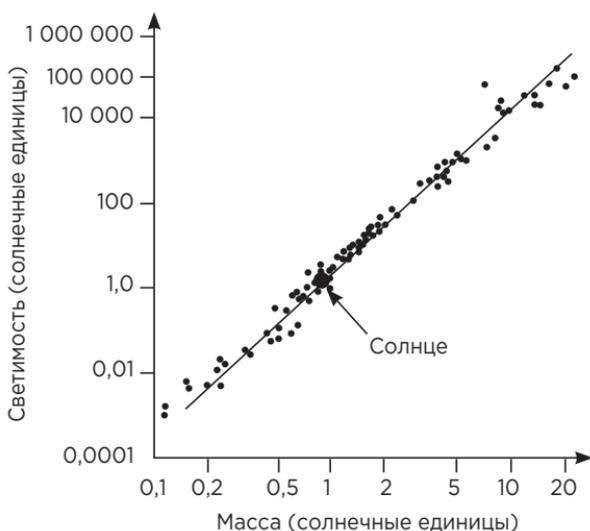


Диаграмма Герцшпрунга — Расселла показывает зависимость между температурой звезд и их светимостью. Большую часть времени своего существования звезды проводят на «главной последовательности»

НАСКОЛЬКО ОНИ ВЕЛИКИ?

Все звезды различаются по массе и размерам, и астрономы обнаружили четкую взаимосвязь между массой звезды и ее светимостью. Эта взаимосвязь получила название «соотношение массы и светимости» (см. график ниже).

Чем массивнее звезда, тем выше ее изначальная светимость (абсолютная звездная величина).



Астрономы заметили четкую взаимосвязь между массой звезды и ее яркостью (светимостью). Это позволяет им определить вес новых звезд по их светимости

Для расчета массы вновь открытой звезды астрономы сначала измеряют ее звездную величину и на ее основе рассчитывают с использованием расстояния ее светимость (абсолютную звезд-

ную величину). Затем кривая соотношения массы и светимости дает нам величину массы (см. таблицу 5). Звезды с высокими показателями массы обнаруживаются вблизи верхнего левого края на главной последовательности диаграммы Г-Р, звезды с малой массой тяготеют к нижнему правому краю. R136a1, звезда в Большом Магеллановом Облаке, является самой массивной и самой яркой, обладающей самой большой светимостью из всех известных звезд. Она в 315 раз тяжелее нашего Солнца.

Таблица 5

| Спектральный класс | Масса (по количеству солнечных масс) |
|--------------------|--------------------------------------|
| O | > 16 |
| B | 2,1-16 |
| A | 1,4-2,1 |
| F | 1,04-1,4 |
| G | 0,8-1,04 |
| K | 0,45-0,8 |
| M | 0,08-0,45 |

У астрономов также есть возможность вычислить размеры звезд на основе закона Стефана, названного так в честь физика Джозефа Стефана (1835-1893). Этот ученый обнаружил, что количество энергии, выделяемое горячим объектом за одну секунду, зависит от его размера и температуры. Что касается звезды, то нам известно, сколько энергии она излучает за одну секунду — это ее светимость. Температуру мы можем определить по ее цвету.

Следовательно, нам не составит труда, используя закон Стефана, вычислить размер звезды.

Самая большая из известных звезд — звезда UY Щита. Обнаруженная в малом созвездии Щита, она, по оценкам ученых, имеет радиус, равный 1708 радиусам Солнца. Это означает, что она могла бы вместить в себя приблизительно 5 миллиардов Солнц. Если бы она оказалась на месте Солнца в нашей солнечной Системе, то ее поверхность простерлась бы до пространства между орбитами Юпитера и Сатурна.

КАКОГО ВОЗРАСТА?

В момент зарождения Вселенной, до того как вообще образовались какие-либо звезды, единственными элементами во всем космическом пространстве были водород и гелий. Затем зажглись первые звезды, и на них начались процессы слияния некоторого количества водорода с образованием дополнительного гелия, так же как это происходит в настоящее время на Солнце. Когда эти звезды стали стареть и выходить за пределы главной последовательности, они начали превращать гелий в еще более тяжелые элементы, такие как углерод, азот, кислород, кремний и железо. В конце своей жизни эти массивные звезды взрывались как ослепительные сверхновые, рассеивая и разбрасывая более тяжелые элементы на большие расстояния по всей Вселенной. Некоторые из этих

элементов в итоге были включены в недра новых звезд.

Таким образом, по химическому составу звезд астрономы могут определить их возраст. Самые старые звезды состоят только из водорода и гелия, так как были образованы тогда, когда вообще только эти элементы и существовали.

РАССЕЯННЫЕ И ШАРОВЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ

В ясную ночь вдали от городских огней вас обычно ослепляет свет трех тысяч звезд. Большинство из них существуют поодиночке, но можно заметить и группы, объединяющие несколько или множество звезд. Пройдитесь биноклем по всему небосклону, и вы увидите еще больше таких звездных скоплений, особенно тех, что расположены в поясе Млечного Пути.

Астрономы подразделяют их на рассеянные скопления и шаровые скопления. Рассеянные скопления представляют собой группы звезд, расположенных друг к другу не столь близко и не образующих строгую геометрическую форму, в то время как шаровые скопления выглядят как сгусток шарообразной формы. Однако самые большие различия между ними заключаются в возрасте их членов. Участниками рассеянных скоплений являются, как правило, очень молодые звезды, тогда как звезды в шаровых скоплениях — древние.

Возьмем самое знаменитое скопление — Плеяды в созвездии Тельца (известное как «Семь сестер»). Возраст его звезд составляет всего 100 мил-

лионов лет. Сравните это со звездами в М13 (шаровое скопление в созвездии Геркулеса), возраст которых составляет более 11 миллиардов лет. Если возраст Вселенной заменить средней продолжительностью жизни человека, то окажется, что звезды М13 приближаются к пенсионному возрасту, тогда как Плеяды все еще ходят в памперсах.

Более молодые звезды образовались в то время, когда доступный набор ингредиентов был куда шире — поэтому они значительно более разнообразны по составу. Для оценки этого разнообразия астрономы используют особый показатель, который называется металличностью. В отличие от химиков, астрономы рассматривают любой элемент, за исключением водорода и гелия, как металл. Низкая металличность означает, что звезда старая и сохранилась в первозданном виде. Чем выше металличность, тем моложе звезда. Металличность Солнца составляет 0,02: то есть 2% массы Солнца составляют другие элементы, не гелий, и не водород.

Естественно, такая методика основывается на понимании того, из чего звезда образована и из чего она состоит. Для установления этого показателя астрономы используют спектроскопию. Если взять свет от какой-нибудь звезды и пропустить его через специальный прибор, называемый спектрометром (который несколько напоминает призму), то в конце концов мы получим черные линии, такие же, что увидел Фраунгофер в спектре Солнца.

Это абсорбционные линии — утерянные цвета — вызваны различными элементами внутри звезды, которые поглощают указанные цвета в спектре света. Эти оттенки цветов никогда даже не пытались достичь Земли. Такие спектры света отчасти напоминают цветной штрихкод и выполняют примерно ту же работу — несут информацию о том, что имеется в недрах звезды и, следовательно, каков ее возраст.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЗВЕЗДЫ

РОЖДЕНИЕ ЗВЕЗДЫ

Точно так же, как и люди, звезды рождаются, стареют и умирают. Звезды формируются из обширных, прекрасных газовых столбов, называемых молекулярными облаками, невероятно разреженных, практически не обладающих плотностью. Поместим небольшой кубик со стороной в один сантиметр в молекулярное облако, и тогда внутри него окажется примерно одна сотня молекул газа. Если мы поместим такой же кубик в сердцевину нашей звезды, то в него сразу же попадет 100 триллионов триллионов частиц.

Итак, каким же образом можно получить из чего-то, настолько разреженного и слабо скомпонованного, как молекулярное облако, нечто достаточно компактное и плотное, чтобы оно было способно осуществлять процессы слияния водорода с обра-

зованием гелия (отличительный признак звезды)? Все в этом вопросе указывает на гравитацию, как на решающий фактор. Британский астроном Джеймс Джинс (1877–1946) вычислил, какой может быть максимальная масса молекулярного облака, прежде чем за дело берется гравитация и начинается его сжатие. Астрономы называют этот показатель «массой Джинса». Она также зависит от температуры и плотности облака.

Процесс сжатия облака может быть запущен внешними событиями. Возможно также, что происходит слияние двух молекулярных облаков, так что их общая масса взлетает до уровня, превышающего массу Джинса. Также есть вероятность, что происходит взрыв близлежащей звезды, посылающий через молекулярное облако мощные ударные волны, благодаря которым начинается объединение газовых молекул, пока в дело не вступает гравитация и не делает все остальное.

По мере своего сжатия молекулярное облако разбивается на небольшие сегменты. Эти сжимающиеся сегменты, называемые протозвездами, начинают вращаться вокруг своей оси все быстрее и быстрее, как это делает вращающийся фигурист, обхвативший себя руками. Температура и давление продолжают нарастать, пока не будет достигнут уровень, достаточный для того, чтобы внутри вращающейся газовой сферы начался процесс слияния водорода с превращением его в гелий: звезда родилась. Весь процесс занимает десятки миллионов лет.

Астрономы могут наблюдать за процессами образования звезд, происходящих в областях, подобных туманности Ориона — фабрики по производству ярких звезд, видимой невооруженным глазом как неясное пятно, располагающееся под тремя звездами в поясе Ориона. Это ближайшие к Земле звездные ясли. Вокруг некоторых из этих зарождающихся звезд наблюдались также и темные, плотные диски из обломков пород. Эти диски получили название протопланетных дисков (или проплидов), и ученые предполагают, что в результате силы гравитации в дальнейшем они превратятся в планетезималы, а впоследствии и в планеты.

КРАСНЫЕ ГИГАНТЫ

По мере старения звезда использует все больше и больше водорода, до тех пор пока скорость его слияния не начнет падать. А это значит, что энергии будет производиться недостаточно для того, чтобы ядро могло сопротивляться силам гравитации. Ядро сжимается, температура поднимается, а скорость слияния водорода возрастает. В силу таких процессов Солнце стало светить примерно на 30% ярче с момента своего образования 4,6 миллиарда лет назад. Оно будет продолжать становиться все ярче и горячее, пока через миллиарды лет температура Земли не под-

нимется значительно выше 100 градусов по Цельсию. Наша планета превратится в выжженную и абсолютно безжизненную скалистую местность, а океаны полностью испарятся. Солнце — источник жизни на Земле — в итоге превратится в ее губителя.

По прошествии пяти миллиардов лет процесс слияния водорода в ядре полностью прекратится и Солнце сожмется, а температура взлетит с 15 миллионов градусов до приблизительно 100 миллионов градусов. В оболочке, окружающей сверхгорячее ядро, слияние водорода возобновится. Это соответствует моменту, с которого Солнце начинает удаляться от главной последовательности диаграммы Герцшпрунга — Расселла — кривой эволюции звезд.

Энергия этого оживленного процесса слияния водорода будет сопровождаться разбуханием внешней оболочки Солнца в наружном направлении, пока она не достигнет ширины, в сотни раз превышающей сегодняшние размеры. Меркурий не устоит перед этими огненными объятиями. Венера, по-видимому, тоже. Распространив тепло по значительно большей площади поверхности, наше Солнце окрасится в красный цвет. Оно станет красным гигантом. Имея светимость в тысячи раз большую, чем сегодня, Солнце с легкостью расплавит все металлы на поверхности Земли. Возможно, наша планета будет даже притянута к Солнцу и станет частью его наружной оболочки.

ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ И БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

В ядре красных гигантов в результате сверхвысоких температур происходит слияние гелия и образование углерода и кислорода. Но температура и давление в малых звездах — по массе в восемь раз меньших, чем Солнце, — недостаточны для того, чтобы поддерживать процесс слияния углерода. Как только истощаются все запасы гелия, остается плотное углеродно-кислородное ядро приблизительно такого же размера, как Земля. Астрономы называют такие объекты белыми карликами. Не имея новых источников тепловой энергии, они в конце концов охлаждаются и меркнут, чтобы превратиться в черных карликов.

На определенном этапе внешние слои красных гигантов сметаются в космическое пространство сильными звездными ветрами. Но это не взрыв — он не настолько мощный. Вокруг центрального белого карлика газы образуют оболочку. Астрономы называют эти объекты планетарными туманностями, но они не имеют никакого отношения к планетам.

Когда астрономы впервые увидели эти туманности через старые телескопы, газовая оболочка делала их похожими по форме на планеты. С тех пор понимание этих космических объектов сильно изменилось, однако их неудачное название сохранилось.

На ночном небосклоне планетарные туманности смотрятся как самые потрясающие небесные объекты. Среди самых известных из них — окрашенная во все цвета радуги Кольцевая туманность в созвездии Лиры и Кошачий Глаз в созвездии Дракона. На снимках этих газовых облаков можно разглядеть белого карлика, скрывавшегося в центре.

КРАСНЫЕ СУПЕРГИГАНТЫ

Звезды с массой примерно от восьми до десяти масс Солнца и больше эволюционируют по-другому. Сначала процесс идет по сходному пути, однако в дальнейшем он резко меняется.

Сначала такие звезды разбухают до размеров даже больших, чем красные гиганты. Такие красные супергиганты могут достигать размеров, превышающих по ширине тысячу Солнц. Кроме того, они значительно ярче красных гигантов. Некоторые из ярчайших звезд на нашем ночном небе, такие как Бетельгейзе из созвездия Ориона и Антарес из созвездия Скорпиона, как раз и пребывают на этом этапе своих жизней. Представьте себе Антарес на месте нашего Солнца, и тогда его внешняя граница будет находиться за пределами орбиты Марса. Другие красные супергиганты достигали бы Юпитера и даже Сатурна.

Сильные различия в эволюции звезд наблюдаются главным образом в звездных ядрах. Сами по себе размеры этих звезд предполагают, что температуры здесь поднимаются до уровней, когда запускается процесс слияния атомов углерода и образования магния и кислорода. Когда содержание углерода в ядре исчерпывается, оно сжимается еще больше, а температуры поднимаются еще выше, так что начинается процесс слияния кислорода с превращением его в кремний и неон. И в этом же ключе продолжается — каждый раз, когда содержание того или иного элемента исчерпывается, ядро сжимается, а температуры вновь повышаются, создавая условия для слияния и возникновения новых элементов. Ход событий ускоряется, так как каждая последующая стадия или фаза становится короче предыдущей. Массивная звезда может поддерживать процесс слияния водорода, превращая его в гелий, на протяжении 10 миллионов лет, но финальная фаза — слияние кремния с превращением его в железо — занимает всего один день.

Но на этом процесс завершается. Железо — наиболее устойчивый элемент в периодической таблице — не способно к слиянию. В итоге ядро становится похожим на луковицу, в сердцевине которой находится масса железа, окруженная концентрическими слоями других неиспользованных элементов. Теперь, когда нет никакой возможности противостоять гравитационному коллапсу, судьба звезды предрешена .

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

В 1054 году китайские астрономы сообщали о неожиданном появлении того, что они называли «гостевой звездой». Появившаяся ниоткуда, эта звезда была столь яркой, что ее можно было видеть в течение всего дня на протяжении почти целого месяца. Она постепенно бледнела, уходя с ночного неба, пока после двух лет пребывания на китайском небосклоне совсем не исчезла.

Сегодня мы знаем, что древние китайцы стали свидетелями взрыва сверхновой звезды — одного из самых грандиозных и мощных событий во всей Вселенной. Современные астрономы по остаткам этого катаклизма идентифицировали Крабовидную туманность в созвездии Тельца. По прошествии почти тысячи лет туманность продолжает выбросы газа со скоростью 1500 километров в секунду. Будучи предсмертной агонией массивной звезды, сверхновая может светить как 10 миллиардов Солнц и выделять больше энергии, чем выделила звезда на протяжении всей своей жизни.

Она зарождается с плотного железного ядра, которое образуется в сердцевине красного супергиганта. Будучи неспособным сопротивляться силе гравитации, ядро менее чем за секунду саморазрушается со скоростью, равной почти четверти скорости света. В результате такого коллапса ударные волны почти так же стремительно разбегаются во все стороны, прорываясь сквозь наружные оболочки звезды и разрывая ее на части.



*Знаменитая Крабовидная туманность (M1)
в созвездии Тельца. Это остаток взрыва
сверхновой в 1054 году*

Взрывная сила сталкивает между собой соседние атомы, формируя элементы более тяжелые, чем железо. Сверхновая звезда выбрасывает вещества, возникшие и в результате слияния, и в результате самого взрыва, в межзвездное пространство. Этот процесс обогащает молекулярные облака широким разнообразием элементов, которые в дальнейшем становятся частью любых других образующихся здесь звезд и планет.

Вы носите какие-нибудь украшения и драгоценности? Золото, серебро и платина — все эти объекты вождения многих людей были созданы в сверхновой (а также столкновениях нейтронных звезд). Железо, содержащееся в вашей крови, а также кислород, способствующий его переносу по всему вашему телу, были образованы внутри массивных

звезд путем слияния элементов, а затем рассеяны по всему пространству Вселенной сверхновыми. Именно они, эти сверхновые звезды, являются завершающим пунктом космического круговорота, и без них нас просто не было бы там, где мы сейчас находимся.

НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ПУЛЬСАРЫ

В глубине Крабовидной туманности находятся дымящиеся руины когда-то могущественной звезды. После того как ее плотное ядро из железа скукожилось под прессом собственного веса, она превратилась почти в ничто. Под огромным давлением железо полностью распалось, превратившись, в конце концов, в нейтроны — нейтральные частицы, обнаруженные в центре атомов. Все звезды с массами, от восьми до тридцати раз большими, чем масса Солнца, ожидает именно такой конец: они завершают жизнь, будучи окруженными остатками сверхновой.

Однако степень, до которой нейтроны могут объединяться, имеет границы. Поэтому коллапс нивелируется когда ядро сжимается до сверхвысокой плотности и достигает размера всего 30 километров в диаметре. Все, что остается от красной супергигантской звезды, размеры которой когда-то в 100 тысяч раз превышали размеры Земли, — это шар, меньший по размеру, чем город Лондон. Ог-

ромные количества массы сжаты в настолько малый объем, что одна чайная ложка материала из нейтронной звезды будет весить 10 миллионов тонн.

По мере конденсации звезды скорость ее вращения резко увеличивается. Когда-то она, возможно, совершала один оборот вокруг своей оси за несколько недель. Теперь она совершает тридцать оборотов в секунду. Магнитное поле звезды становится более концентрированным и в триллионы раз более мощным, чем у Земли. И как результат, сверхгорячий материал упорядочивается, концентрируясь в мощные пучки, которые устремляются в разных направлениях прочь от полюсов нейтронной звезды.

Это превращает нейтронную звезду в подобие космического эквивалента земного маяка. Если нам случается оказаться на пути вращающихся пучков, мы улавливаем регулярные, повторяющиеся всплески радиоволн. Поэтому эти космические объекты называются пульсарами — от сокращенного словосочетания «пульсирующие звезды»*.

Пульсары соблюдают периодичность посылки сигналов столь четко и регулярно, что, когда был открыт первый пульсар, Энтони Хьюиш и Джоселин Белл дали ему прозвище LGM-1 (сокращенно от английского Little Green Men 1 — маленькие зеленые человечки). Предполагалось, что ничто в природе не способно сбить или нарушить такой устойчивый ритм. Сегодня мы знаем, что это самые точные определители времени из всех, какие только госпожа

* «puls» из pulsating и «ar» из star. *Прим. ред.*

Природа может нам предложить. Настолько точные, что астрономы обсуждали возможность их использования в качестве основы для новых форм галактического интернета и GPS — глобальной системы позиционирования. Мы также использовали их несколько раз для того, чтобы сообщить о нашем местоположении в галактике потенциальным разумным цивилизациям.

ВСПЫШКИ ГАММА-ЛУЧЕЙ

Если вы думали, что сверхновые звезды очень мощные, то они ничто по сравнению с яростью и неистовством вспышек гамма-лучей (ВГЛ). Эти лучи способны выделять за какие-то сорок секунд больше энергии, чем Солнце за все 10 миллиардов лет своего существования, и регистрируются из всех концов Вселенной в течение уже миллиардов световых лет как яркие источники света. Гамма-лучи были открыты в 1967 году со спутников, запущенных в космос в разгар холодной войны и предназначенных для выявления секретных полигонов ядерных испытаний.

ВГЛ подразделяются на две категории: краткие (менее двух секунд) и длительные. Они во многом и сегодня остаются загадкой, однако длительные, как предполагается, являются результатом детонации массивных звезд в качестве сверхновых. Краткие ВГЛ — которые составляют около 30% всех ВГЛ, — вероятно, результат столкновения двух нейтронных звезд.

К счастью, все ВГЛ, обнаруженные до настоящего времени, находятся в отдаленных от нас областях Вселенной. Между тем, ВГЛ,

затрагивающие нашу Солнечную систему, имели бы для нас катастрофические последствия. Если бы Земля оказалась под воздействием пучка ВГЛ — что чрезвычайно маловероятно, — наш озоновый слой атмосферы был бы просто уничтожен, как и все живое на Земле.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Сила гравитации чрезвычайно мала. Несмотря на 6 триллионов триллионов килограммов веса планеты у нас под ногами, мы все же способны подпрыгнуть или взмыть в воздух на самолете. Но наша свобода лишь временное явление — обычно то, что поднялось, должно рано или поздно опуститься. Конечно, если мы не запустим в небо что-нибудь невероятно быстрое. Если бы вы могли подпрыгнуть со скоростью одиннадцать километров в секунду, вы оказались бы за пределами влияния сил земной гравитации, прежде чем она притянула бы вас обратно вниз. Эта скорость отрыва — то, чего должны достичь ученые специалисты в области ракетостроения, если они хотят вывести свои грузы и оборудование на орбиту.

Чем больше и компактнее масса объекта, тем выше ее скорость отрыва. Юпитер, Солнце, белые карлики и нейтронные звезды имеют большую, возрастающую по списку скорость отрыва. Между тем, разрушающиеся ядра крупнейших звезд создают

объекты настолько плотные, что их скорость отрыва превышает даже скорость света. Поскольку ничто не может перемещаться по Вселенной быстрее, чем свет, ничто не может обойти или избежать этих черных дыр. Отсюда их название — они имеют черный цвет, потому что весь свет, падающий на них, полностью поглощается.

Если вы окажетесь слишком близко к ним, то навсегда будете захвачены гравитацией черных дыр. Никакой ракетной силы не хватит для того, чтобы освободить вас из их смертоносных объятий. Точка невозврата из черных дыр известна как горизонт событий. Проходя через нее, вы не заметите ничего особенного, но при этом раз и навсегда определите свою судьбу. Предположим, что вы двигаетесь вперед ногами. Черная дыра будет притягивать вас сильнее за ноги, чем за голову. В конце концов, разница начнет превышать силу атомных связей, удерживающих вас в целостности, и вас разорвет на части. Физики называют этот процесс спагеттификацией.

Где закончат свое существование ваши спагеттифицированные части? Это один из самых интригующих вопросов современной физики. Если следовать общей теории относительности Эйнштейна буквально, то она утверждает, что ядра звезд распадаются на бесконечно малые, бесконечно тяжелые точки, называемые сингулярностью. Пространство и время здесь в буквальном смысле этого слова останавливаются. Считается, что попадающий в нее материал добавляется к сингулярности.



Когда наиболее массивные звезды умирают, они искривляют пространственно-временной континуум до такой степени, что образуются черные дыры — объекты, от которых ничто не может убежать

Однако похоже, что на этом история не заканчивается, поскольку здесь не учтены факторы, действующие в пределах законов квантовой физики, описывающие поведение Вселенной в наиболее малых шкалах.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ

День 14 сентября 2015 года станет знаковым в истории науки. В этот день мы открыли беспрецедентное окно во Вселенную. Но история началась в галактике, находящейся на очень, очень

большом отдалении от нас. Около 1,3 миллиарда лет назад две черные дыры — каждая по массе в тридцать раз больше нашего Солнца — столкнулись друг с другом, предварительно описав готово-вращительную сходящуюся смертельную спираль.

Это событие было настолько катастрофическим, что гигантские волны, прокатившись по всей Вселенной, прорвали саму структуру пространства-времени. Промчавшись со скоростью света, они в итоге достигли Земли в сентябре 2015 года. К счастью, от нас требовалось всего-то включить прибор, способный уловить их. Новые случаи фиксации гравитационных волн, возникших в результате слияния черных дыр, последовали в декабре 2015-го, январе и августе 2017 года. Струйка превратится в поток и подобное станет происходить все чаще.

Первоначальное открытие знаменовало столетие с момента предсказания этого события. В 1915 году Альберт Эйнштейн предсказал существование гравитационных волн в рамках своей общей теории относительности. Но столь длительное время, потребовавшееся для подтверждения данной гипотезы и фактического обнаружения волн, объясняется тем, что, добравшись до Земли, эти волны становятся очень слабыми и трудноуловимыми. Они затухают подобно ряби на поверхности пруда, в который упал камень, а 1,3 миллиарда световых лет — действительно долгий путь для любого путешественника.

Гравитационные волны зафиксированы лазерным интерферометром гравитационно-волновой

обсерватории в штате Вашингтон и в Луизиане. Каждый прибор состоит из двух идентичных 4-километровых полых труб, расположенных под прямым углом друг к другу. Лазерные лучи направлены вдоль по трубе и в конце упираются в зеркала. Как правило, отраженные лазерные лучи возвращаются к своему началу точно в то же самое время.

Однако если гравитационная волна приходит в момент прохождения лазерного пучка света, пространство в одной из труб немного расширяется и сжимается (гравитационные волны являются дестабилизирующим фактором для структуры пространства-времени как таковой). Отсюда следует, что пучок света от одного лазера обгоняет другой.

Лазерный интерферометр настолько чувствительный, что может уловить изменения в расстоянии до зеркал эквивалентного $1/10\ 000$ ширины протона (положительно заряженная частица в центре атома). Это соответствует миллионной части от миллионной части метра. Это то же самое, как если бы расстояние в 40 триллионов километров до Проксимы Центавра (ближайшей к нам после Солнца звезде) изменилось на величину, равную диаметру человеческого волоса.

В октябре 2017 года три ученых, сделавших это открытие, были удостоены Нобелевской премии в области физики. Совершенно очевидно, что открытия носили революционный характер, так как были зафиксированы явления во Вселенной, которые излучают только гравитационные волны. А мы впервые смогли удостовериться в их существовании.

ЗАМЕДЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Со времен эддингтоновского солнечного затмения 1919 года нам известно, что в соответствии с общей теорией относительности Эйнштейна массивные объекты искривляют структуру пространства вокруг них. Гравитационные волны еще убедительнее подтверждают эту идею.

Однако искривляется не только пространство, но и время. Как мы помним, по утверждению Эйнштейна пространство и время искривляются вместе в едином четырехмерном континууме, называемом пространством-временем. Это означает, что время бежит с различной скоростью в зависимости от того, как и насколько искривлено ваше локальное пространство-время. Окажитесь вы вблизи тяжелого объекта — и ваше время пойдет медленнее по сравнению со временем того, кто стоит дальше.

Даже на Земле эффект замедления времени может иметь важное значение. Высокоточные атомные часы, хранящиеся на разных полках в лаборатории, потеряют синхронность, если одни из них будут находиться ближе к поверхности Земли. Часы, находящиеся на GPS-спутниках, также нуждаются в коррекции, так как на большем удалении от поверхности Земли, где пространство-время искривлено в меньшей степени, время течет быстрее.

Однако вблизи черной дыры этот эффект был бы значительно более очевидным. В блокбастере «Интерстеллар» астронавты, совершающие вращение

вокруг черной дыры, проживают один час за каждые семь лет, которые проходят на Земле.

Если бы мы понаблюдали за кем-нибудь, кто приближается к черной дыре, мы увидели бы, что с ними все происходит во все более замедленном движении. В конце концов, когда они приблизятся к точке пересечения с горизонтом события, или точке невозврата, они будут казаться застывшими. С нашей точки зрения, их время замедлилось до полной остановки. С их точки зрения, это произошло с нами.

Здесь мы имеем дело с гравитационным замедлением времени, однако есть похожий эффект, связанный со скоростью. Вы не удивились бы, если бы я сказал, что Усэйн Болт* выиграет у вас в беге на сто метров. Он переместится через пространство быстрее вас, так как он бежит быстрее вас. Тем не менее вы, вероятнее всего, нашли бы странным, если бы я сказал также, что он переместился через время быстрее вас. Но это было бы правдой, потому что вы оба бежите сквозь пространство-время. В нашем примере разница столь мала, что вы никогда этого не заметите. Вместе с тем при значительно больших различиях в скоростях эффект замедления времени заметен намного сильнее.

Космонавт Геннадий Падалка является рекордсменом по количеству дней, проведенных на орбите вокруг Земли, — в общей сложности 879 дней

* Ямайский легкоатлет, специализировался в беге на короткие дистанции, восьмикратный олимпийский чемпион и 11-кратный чемпион мира. *Прим. ред.*

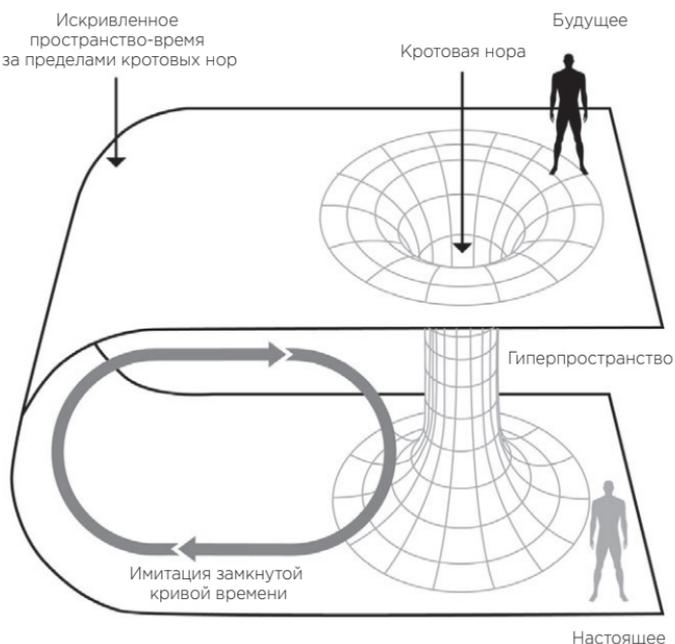
на станции «Мир» и Международной космической станции в период между 1998 и 2015 годом. Находясь в космосе, он перемещался со скоростью 28 тысяч километров в час. Учитывая обе формы замедления времени, можно утверждать, что он теперь на 0,02 секунды моложе, чем если бы он все время оставался на Земле. Это делает его самым великим путешественником во времени в истории человечества, поскольку он первым из землян переместился в свое будущее на пятидесятую долю секунды.

БЕЛЫЕ ДЫРЫ И КРОВОТЫЕ НОРЫ

Если черная дыра — это нечто, откуда вы никогда не убежите, то белые дыры — это области Вселенной, куда вы никогда не сможете вернуться. У черных дыр есть только вход, а у белых дыр — только выход. В настоящий момент эти понятия существуют только в теории и представляют собой лишь математические возможности, возникающие вследствие решения уравнений общей теории относительности Эйнштейна.

Они появляются тогда, когда физики рассуждают о том, что происходит с веществом по мере его приближения к сингулярности внутри вращающейся черной дыры. Новозеландский физик Рой Керр еще в 1960-х годах показал, что сингулярность внутри вращающейся черной дыры является не од-

ной точкой, а кольцом. В норме нечто, попадающее в сингулярность, стирается из пространства и времени, но в случае с кольцом Керра вы сможете пройти сквозь ее середину и остаться невредимым.



Есть вероятность того, что пространство-время может искривиться так, что образуются краткие пути. Если это произойдет, мы получим возможность воспользоваться ими, в том числе и для путешествий во времени

Чем в итоге все закончится? Решение уравнений Эйнштейна по Керру предполагает, что вы пройдете через туннель, известный как мост Эйнштейна — Розена, а затем будете выкинуты из белой дыры на другой стороне. Некоторые полагают, что вы появитесь в другой части нашей Вселенной, другие — что

в совершенной другой Вселенной. В любом случае, поскольку белые дыры представляют собой только выход, вы не сможете вновь пройти по своим следам.

Термин «мост Эйнштейна — Розена» часто используют под другим, более распространенным обиходным названием — кротовая нора «или червоточина». Название «червоточина» связано со способом, которым черви перемещаются по яблоку. Они могут либо проползти вокруг плода снаружи, либо прогрызть себе путь через середину. Кротовые норы очень широко использовались в научной фантастической литературе для того, чтобы срезать время и пространство. Конечно же, физика кротовых нор предполагает возможность их использования для путешествия в прошлое. Но если они все-таки существуют — что является большим вопросом, — они, вероятнее всего, очень нестабильны и быстро закрываются.

Таким образом, на сегодня и белые дыры, и кротовые норы являются всего лишь любопытными математическими построениями, но все может измениться, если мы создадим теорию, охватывающую сразу все на свете, — теорию всего.

ИЗЛУЧЕНИЕ ХОКИНГА

Профессор Стивен Хокинг (1942–2018), физик-теоретик и специалист в области космологии,

всю свою профессиональную жизнь провел за обдумыванием странной сверхъестественной природы черных дыр. Одним из его самых важных вкладов в науку космологии является идея о том, что черные дыры постепенно испаряются, благодаря эффекту, известному как излучение Хокинга.

Физики знают, что кажущаяся пустота пространства никогда не бывает на самом деле пустой. Во Вселенной идет непрерывный процесс превращения энергии в пары частиц, существование которых, однако, является временным. Как и в случае с каретой и лошадьми у Золушки, они очень быстро возвращаются в исходное состояние, в противном случае будут нарушены фундаментальные законы физики.

Хокинг гениально представил этот процесс, происходящий у горизонта событий черной дыры. Если одна частица оказывается внутри черной дыры, тогда как другая — снаружи, они никогда не смогут вернуться в исходное состояние, вновь превратившись в эквивалент тыквы (из сказки о Золушке).

Черная дыра должна постепенно терять свою энергию, по мере того как ее покидают частицы вещества. Это именно те частицы, которые составляют излучение Хокинга. Но постепенно, и в этом слове кроется некоторая недосказанность. Черной дыре, по массе равной Солнцу, потребовалось бы приблизительно 20 миллионов квадриллионов квадриллионов квадриллионов лет для того, что испариться полностью. Это 2 с 67 нулями!

И все же это означает, что черные дыры не совсем черные — благодаря излучению Хокинга им свойственно слабое свечение.

ТЕОРИЯ ВСЕГО

Работа Стивена Хокинга об испарении черных дыр посредством излучения Хокинга основана на двух фундаментальных физических теориях: квантовой механике — законах поведения частиц на сверхмалых масштабах — и общей теории относительности Эйнштейна.

Черные дыры представляют собой уникальную среду, в пределах которой большую роль играют обе эти шкалы. В норме, когда вы рассматриваете вопросы гравитации и вращения планет по орбитам, вы не испытываете никакой необходимости задумываться о квантовой физике. Точно так же вам не стоит беспокоиться о гравитации, когда вы ищете объяснение тому, как функционируют атомы. С черной дырой все обстоит по-другому. Когда звезду настигает коллапс, неимоверно большое количество вещества спрессовывается в очень малое пространство. Неожиданным образом гравитация начинает играть роль на атомарном уровне.

Общая теория относительности объясняет гравитацию как результат искривления пространства-времени, и если следовать ее законам

буквально, то окажется, что черная дыра искривляет пространство-время, превращая его в нечто, получившее название «сингулярность» — бесконечно малую и бесконечно тяжелую точку, в которой понятия пространства и времени перестают существовать. Но что в реальности для этого «нечто» означает быть бесконечно малым и бесконечно тяжелым? И что может сказать квантовая физика о законах на масштабах, меньших атомных?

Физики прекрасно осознавали эти проблемы, поэтому стремились найти способ объединения квантовой физики и общей относительности в общую теорию: некое теоретическое построение типа «одна-шкала-подходящая-для-всех» для объяснения всего во всей Вселенной, начиная от мельчайшей субатомной частицы и заканчивая грандиозными галактическими сверхскоплениями. Эта теория получила название теории всего (ТВ).

Однако поиск такой теории обернулся сплошными разочарованиями. Две теории просто не способны работать согласованно, мирно сочетаясь друг с другом. Они продемонстрировали высшую степень несовместимости, а применение положений одной теории к другой создавало неразрешимые противоречия. Эта ситуация вынудила физиков строить крайние предположения, в том числе и предположения о том, что имеется больше измерений, чем три пространственных и одно временное, к которым мы привыкли.

ТЕОРИЯ СУПЕРСТРУН И ПЕТЛЕВАЯ КВАНТОВАЯ ГРАВИТАЦИЯ

Теория струн в последние годы стала частью популярной культуры благодаря Шелдону Куперу, социально безответственному гению, герою шоу под названием «Теория большого взрыва» компании CBS. Теория струн стала одним из способов, которым физики пытаются объединить квантовую физику и гравитацию в теорию всего.

Базовая предпосылка заключается в том, что все, что мы видим вокруг себя, так или иначе состоит из мельчайших вибрирующих струн. Точно так же, как вы можете играть на струнах музыкальных инструментов разными способами, создавая разные звуки, различные вибрации струн создают разные субатомные частицы. Эта картина событий, будучи соединенной с теорией так называемой суперсимметрии, получила известность как теория суперструн.

Используя эту модель, сторонники данной теории могут математически объединить квантовую физику и общую теорию относительности, однако уравнения теории работают только при условии наличия девяти измерений. В ответ на вопрос о том, почему тогда мы ощущаем только трехмерный мир, физики утверждают, что другие измерения, должно быть, свернулись до таких малых размеров, что остаются за пределами нашей видимости, неосвязаемыми. В то же время свидетельств

существования этих дополнительных измерений в настоящее время просто не существует, как нет и доказательств того, что теория суперструн является чем-то большим, чем элегантный математический мираж.

В ранних сериях «Теории большого взрыва» немезидой Шелдона является Лесли Уинкл, физик-соперник, работающая в петлевой квантовой гравитации. Она пытается решить проблему соединения квантовой физики и гравитации отталкиваясь от иных принципов.

Эйнштейн утверждал, что пространство-время представляет собой структуру, искривленную массивными объектами что создает эффект гравитации. Однако в квантовой физике нет ничего протяженного.

Концепция петлевой квантовой гравитации утверждает, что пространство-время является квантовым, оно не непрерывно и состоит из связанных петель, образующих полотно.

Это похоже на пододеяльник. Он на первый взгляд напоминает одну непрерывную структуру, но в действительности это множество отдельных стежков.

В этой картине пространство-время выглядит не идеально гладким, а шероховатым. Это то, что потенциально можно подвергнуть проверке. Астрономы пытаются понаблюдать и определить, подвергаются ли лучи света, идущие к нам от далеких галактик, каким-либо изменениям под воздействием этих подлежащих структур.

ЭКЗОПЛАНЕТЫ

ОБИТАЕМАЯ ОБЛАСТЬ

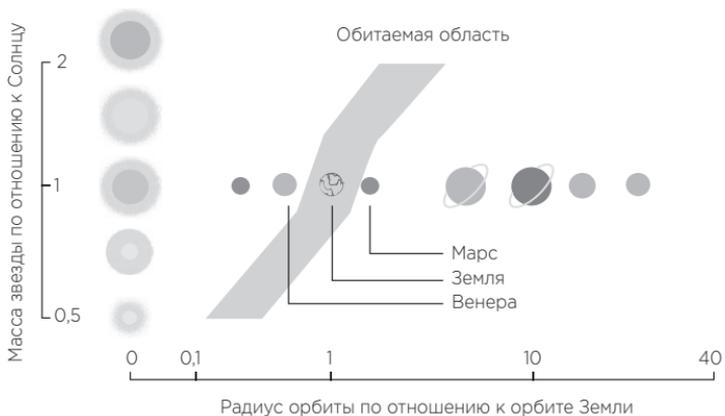
Благодаря целой армаде спутников, вращающихся вокруг нашей планеты, у нас есть впечатляющие снимки Земли, сделанные из космоса. Самое потрясающее впечатление производят снимки, сделанные ночью, когда расползающиеся во все стороны современные мегаполисы светятся мириадами огней, как маяки земной цивилизации. Совершенно очевидно, что в нашем мире доминируют технологические индивиды.

Особенно красноречивую картину можно наблюдать при ближайшем рассмотрении южной части Средиземноморья. Засушливые пустынные земли Северной Африки, где с трудом можно найти свет электрических огней, соседствуют с деловой активностью Европы. Тем не менее есть один регион на северо-восточной оконечности континента, который по ночам светится как рождественская ель: это дельта Нила. В регионе, где вода в дефиците, люди скопились у берегов одной из самых длинных рек мира.

Это ясное напоминание о важной роли пресной воды для жизни на Земле. Жизнь на нашей планете существует во всех ее областях, начиная от глубоких недр до высоких облаков. Вместе с тем все формы жизни, обнаруженные сегодня на Земле, используют жидкую форму H_2O для выживания. Поэтому представляется естественным, что вода занимает

первостепенное место в мыслях астрономов, когда они говорят о шансах найти жизнь где-нибудь во Вселенной за пределами Земли.

Земля находится в обитаемой зоне — узкой полоске космического пространства вокруг звезды, где температуры благоприятны для существования. Окажись мы слишком близко — вода закипит; слишком далеко — замерзнет. Это объясняет, почему обитаемая область часто называется по-другому: поясом Златовласки. Подобно овсяной каше из английской сказки про Златовласку, оказавшуюся в домике трех медведей, она не очень горяча, но и не очень холодна, а как раз такая, какая нужна. Современные астрономы неустанно ведут поиски признаков внеземной жизни, изучая планеты обитаемой области других звезд.



Обитаемая область включает узкую зону вокруг звезды, где температуры благоприятствуют поддержанию жидкого состояния воды. Ее точное и конкретное местоположение зависит от температуры звезды

Но это не единственное место, где следует вести поиски. В нашей собственной Солнечной системе жидкая вода, как предполагается, имеется в океанах под поверхностью спутников Европы и Энцелада, а эти спутники находятся вне пределов обитаемой области. И свое тепло они получают в результате приливного взаимодействия с Юпитером и Сатурном. Поэтому это самое подходящее место, откуда можно начать, но мы не должны ограничивать свои поиски внеземной жизни исключительно обитаемой областью звезд.

КРАСНЫЕ КАРЛИКИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЖИЗНИ

Границы обитаемых областей не постоянны — их локализация меняется от звезды к звезде. Что касается самых горячих звезд классов О и В, планетам следует находиться от них на значительном расстоянии, чтобы предотвратить закипание воды. Планетам, вращающимся вокруг самых холодных звезд классов К и М — красных карликов, — нужно стремиться быть поближе к ним, чтобы оставаться теплыми.

Эта близость к звезде может быть проблематичной, поскольку обитаемая область находится в пределах радиуса приливной блокировки — подобно Луне, вращающейся вокруг Земли, планеты, находящиеся вблизи звезд, всегда обращены к своей звезде одной и той же стороной. В итоге одна сторона чрезмерно нагревается, в то время как другая не может согреться. Кроме этого, на красных карликах наблюдаются мощные вспыш-

ки и интенсивное ультрафиолетовое излучение — и то, и другое представляет угрозу для биологических существ.

Ставки высоки, так как красные карлики составляют около 75% всех звезд — слишком большое число потенциально обитаемой недвижимости, чтобы их игнорировать. Недавно астрономы воспользовались компьютерами, чтобы смоделировать атмосферы этих планет, и это дало им некоторую надежду. Компьютерные модели показали, что благодаря ветрам, тепло от звезд может распространяться более равномерно по планете, делая ее менее экстремальной средой для жизни.

ТРАНЗИТНЫЙ МЕТОД

Поиск планет вокруг других звезд, называемых экзопланетами, непростая задача. Давайте развернем нашу перспективу и представим себе, что где-то там, вдали, существует внеземная цивилизация, пытающаяся понять, есть ли вокруг Солнца какие-нибудь потенциально обитаемые планеты. Для начала, Солнце в миллионы раз больше, чем Земля. Кроме того, оно светит неистово, тогда как у Земли источников собственного производства естественного освещения не существует. Проблема кажется сложнее, когда вы осознаете, что ближайшим объектом, с которого можно вести поиски, является ближайшая к нам после Солнца звезда. Это звезда Проксима Центавра, находящаяся от нас на

расстоянии примерно 40 триллионов километров (4,2 световых года). Поиски внеземных планет похожи на поиск маленькой темной иглы в гигантском, сбивающем с толку стоге сена, находящемся настолько далеко, что вы едва ли можете видеть его, не говоря уже об иголке.

Эти трудности заставили астрономов изобрести более хитроумные пути установления существования экзопланеты, даже если ее нельзя наблюдать непосредственно. Одним из наиболее распространенных методов является так называемый транзитный метод. Если экзопланета проходит непосредственно между нами и своей звездой — совершает транзит, — она заслоняет некоторое количество света, так что звезда становится на время более тусклой.

Из этой простой идеи — происходящего время от времени блокирования планетой света звезды, — можно извлечь очень много интересной и важной информации об экзопланете. Чем крупнее планета, тем больше света от звезды она заслонит и тем на большую величину звезда потускнеет. В случае множества равномерно распределенных в пространстве транзитов разрыв во времени между ними может рассказать нам о том, сколько времени требуется планете, чтобы обойти вокруг своей звезды. Чем больше времени затрачивает планета на то, чтобы совершить один оборот, тем на большем расстоянии она находится от своей звезды, а мы можем воспользоваться этим фактом, чтобы прийти к заключению, находится ли она в обитаемой области. Начиная с 2009 года космический телескоп НАСА

«Кеплер» сканировал небо вдоль и поперек, пробегая по небосклону между сотнями тысяч звезд в поисках провалов в их яркости, вызванных транзитом экзопланет. Эти поиски в корне изменили наше понимание того, что там находится. На сегодня обнаружено более двух тысяч внеземных миров, некоторые из них вращаются в пределах обитаемых областей их звезд.

МЕТОД РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ

Не все экзопланеты заявляют о себе с помощью своего транзита. Если планета не пересекает прямую линию, проходящую между нами и ее звездой, мы не сможем увидеть никаких изменений в ее яркости. Представьте, что вы смотрите сверху вниз на северный полюс Солнца — ни один из транзитов ее восьми подтвержденных планет не был бы виден с этой точки обзора.

Между тем и планеты оказывают влияние на звезды. Мы привыкли думать, что гравитация Солнца оказывает влияние на планеты, однако и планеты также притягивают к себе свои звезды. Притяжение Юпитера и Сатурна, в частности, приводит к некоторым колебаниям Солнца. Эти колебания вызывают изменения в свете, идущем к нам от звезд, и это явление получило название эффекта Доплера.

Эффект Доплера в случае со светом — это то, с чем мы хорошо знакомы. Когда машина скорой

помощи спешит к нам, мы слышим, что ее сирена звучит на одной высоте, но когда она пронесится мимо нас, ее звук совершенно отчетливо меняется. Происходит это потому, что, когда машина скорой помощи приближается к нам, звуковые волны ее сирены сжимаются, а затем, когда скорая помощь удаляется, эти волны растягиваются. Свет как волна ведет себя так же, за исключением того, что в этом случае меняется не высота звука, а цвет. Источники света, удаляющиеся от нас, кажутся более красными (красное смещение), а те, что приближаются к нам, становятся более синими (фиолетовое смещение).

ГРАВИТАЦИОННОЕ МИКРОЛИНЗИРОВАНИЕ

Согласно общей теории относительности Эйнштейна, массивные объекты отклоняют свет вблизи себя. Именно эту закономерность подтвердил Эддингтон своими фотографиями затмения 1919 года. Когда массивное небесное тело проходит перед звездой, оно увеличивает свет далекой звезды, словно линза. Это явление получило название гравитационного микролинзирования. В случае если объект на переднем плане (линза) является единственным, подобно звезде, такое увеличение будет носить симметричный характер. Объект на заднем плане становится ярче за несколько недель и за то же самое время меркнет, уходя во мрак. Но если звезду сопровождает планета, то мы временами станем получать взрывной рост в увеличении, так как сама планета будет вносить в него

собственный, пусть и незначительный, вклад. Все это создает впечатление того, что у главной линзы есть какие-то несовершенства.

Гравитационное микролинзирование полезнее при поисках планет, находящихся достаточно далеко от своих звезд. Этот метод дополняет другие — метод радиальной скорости и транзитный метод, которые полезны в случае расположенных близко к звезде планет, когда такая близость приводит к заметным колебаниям или большим отклонениям в яркости их звезд.

Вот как это работает на практике. Астрономы сначала расщепляют свет звезд при помощи спектрометра, для того чтобы увидеть черные, напоминающие штрихкод абсорбционные линии, которые помогают им определить возраст звезды. Представим себе, что экзопланта заставляет свою звезду периодически перемещаться, колеблясь, по направлению к нам, а затем обратно от нас, циклически повторяя такие перемещения. Абсорбционные линии звезды будут также постоянно смещаться вперед и назад, сначала в направлении синего конца светового спектра, а затем в сторону красного.

Такой метод, называемый методом радиальной скорости, сегодня достиг такого уровня чувствительности, что с его помощью можно зафиксировать изменения в скорости звезды, равные даже одному метру в секунду. Задумайтесь об этом хоть на миг. С расстояния в сотни триллионов километров мы

можем заметить и установить изменения в скорости движения звезды, эквивалентные скорости обычного пешехода.

Величины радиальной скорости позволяют нам узнать, насколько массивна планета. Чем она тяжелее, тем больше колебания звезды и тем с большей амплитудой отклоняются вперед и назад черные линии в спектре света.

ЧТО МЫ ИМЕЕМ НА СЕГОДНЯ?

Вы открываете шторы на своих окнах как раз вовремя, чтобы понаблюдать за вторым восходом дня. Когда вы выходите на улицу и идете по равнине, за вами следуют не одна, а две тени. К концу дня одно солнце преследует другое, которое находится уже за горизонтом. Эта необычная картина дня — именно то, что могли бы испытывать обитатели планеты Кеплер-16b.

Открытая в 2011 году, эта планета была первым неоспоримым примером планеты, вращающейся вокруг двойной звезды, точнее двух звезд. Помимо двух закатов, двух восходов и двух теней, ваши два солнца затмевали бы друг друга каждые три недели. Это было бы настоящее представление.

Кеплер-16b является лишь одной из тысяч экзопланет, обнаруженных вблизи звезд, начиная с первой, открытой в 1995 году. Первоначально мы полагали, что можем найти множество подобий нашей

собственной Солнечной системы, однако в реальности были вынуждены иметь дело с перспективой, заключающейся в том, что места обитания, подобные нашим, могут встречаться очень редко.

Некоторые из первых открытых экзопланет были так называемыми горячими Юпитерами — массивными планетами, которые совершали оборот вокруг своих звезд за считанные часы и температуры которых были настолько высоки, что могли расплавить породу. На других планетах температуры колебались в невообразимых пределах из-за их в высшей степени растянутых эллиптических орбит. На HD 80606b температура всего за шесть часов скачет от 800 К до 1500 К в момент ее максимального приближения к звезде. В системе Кеплер-11 имеется шесть планет, пять из которых вращаются вокруг своей звезды на расстоянии ближе, чем от Меркурия до Солнца. Есть вероятность, что поверхность планеты 55 Рака е даже покрыта алмазами, образовавшимися в ее горячих, сверхплотных внутренних слоях.

Однако, несомненно, космическими объектами, привлекающими к себе все наше внимание, являются именно экзопланеты, потенциально больше всего похожие на нашу собственную планету. В 2014 году астрономы обнаружили Кеплер-186f — первую планету, по размеру схожую с Землей, открытую в обитаемой области своей звезды. За ней через год последовал Кеплер-425b. В 2017 году астрономы объявили о семи экзопланетах размером с Землю вокруг звезды TRAPPIST-1, три из которых находятся в ее обитаемой зоне. Потенциально обитаемая

планета существует даже вблизи Проксима Центавра, ближайшей к нам после Солнца звезды.

Между тем, понятие «потенциально «обитаемая» содержит в себе небольшую ложку дегтя. Все, что говорят астрономы, в действительности означает, что «если» состав атмосферы на этой экзопланете сходен с составом земной атмосферы, тогда температуры на ней, возможно, позволяют поддерживать жидкое состояние воды. Они отнюдь не дают гарантии того, что планета действительно обитаема, или даже того, что на ней есть вода. Поэтому их следующая задача — установить состав атмосферы экзопланет и найти свидетельства наличия на них воды.

СУПЕРЗЕМЛЯ

В нашей Солнечной системе имеются малые скалистые и гигантские газовые планеты. Здесь нет планет промежуточного размера (за исключением, возможно, планеты № 9). Одной из самых больших неожиданностей изучения экзопланет стало открытие нового класса планет — суперземли.

Будучи скалистыми, но с массами, в несколько раз превышающими массу нашей планеты, эти суперземли обладают более мощной гравитацией. Сейчас ведется много споров относительно того, является ли это положительным моментом или же препятствием для жизни.

Все планеты были бы значительно более плоскими, если бы на них не могли образоваться горы, такие же высокие, как на Земле. Поверхность Земли приблизительно на 70% состоит из воды и на 30% из суши, но суперземли, вероятно, являются

поистине водным миром, с крошечными участками суши, выступающими над поверхностью воды. Самые большие суперземли, должно быть, полностью погрузились под воду. Более массивные планеты имели бы более горячие и более крупные ядра с более сильными магнитными полями, обеспечивающими лучшую защиту от вредоносной солнечной активности и космических лучей.

Более мощная гравитация предполагает и способность удерживать более плотное газовое скопление и, следовательно, более широкий слой атмосферы. Это действительно удача для астрономов, так как более значительную атмосферу легче оценить и охарактеризовать.

ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРЫ

В данный момент вы вдыхаете атмосферный воздух, который на 21% состоит из кислорода. Даже просто сидя и ничего не делая, вы потребляете 550 литров этого вещества каждый день. За всю вашу жизнь это составляет более 16 миллионов литров, или 22 тонны кислорода.

Проблема в том, что кислорода здесь вообще не должно быть. Это очень реактивный газ, быстро вступающий в реакцию с другими элементами в атмосфере с образованием новых химических соединений. Тем не менее, он имеется на нашей планете в избытке, позволяя вам — и всем остальным — вдыхать его. На нашей планете, помимо нас с вами, существуют и другие формы жизни, которым мы и должны быть

благодарны за это. Растения, деревья и микробы, обитающие в океанах, продуцируют кислород посредством фотосинтеза, возмещая то, что уже утрачено.

Все это делает кислород биологическим индикатором, или индикатором жизни, — его наличие в избытке может указывать на существование жизни на планете. Астрономы с особым рвением ведут поиски таких газов — биологических индикаторов — в атмосферах некоторых экзопланет, размером подобных Земле, обнаруженных ими в обитаемых областях звезд. Однако это далеко не простая задача.

Хорошая новость в том, что этот процесс уже проверен на более крупных экзопланетах, в частности на горячих Юпитерах, чьи атмосферы неизменно раздулись из-за испытанных ими экстремально высоких температур. В 2017 году астрономам даже удалось измерить атмосферу суперземли GJ 1132b — планеты только на 40% большей по размеру, чем наша. Телескопы, способные изучать атмосферы планет, размером похожих на Землю, в настоящее время разрабатываются и вскоре начнут активно использоваться.

Они будут основаны на том же методе, который применяют астрономы для выяснения того, из чего состоят звезды, — спектроскопии.

В момент перехода экзопланеты перед ее материнской звездой некоторое количество света проходит сквозь ее атмосферу и продолжает свое путешествие до наших телескопов. Но некоторые цвета не выходят из атмосферы, так как атмосферные химические соединения поглощают определенные спектры света,

соответствующие некоторым длинам волн. Итоговый спектр света, дошедшего до нас, будет содержать черные абсорбционные линии, позволяя нам выяснить, из чего состоит атмосфера. Наряду с кислородом, мы ищем признаки воды и других потенциальных биологических индикаторов — таких газов, как метан.

ЭКЗОСПУТНИКИ

До настоящего момента мы обращали почти все наше внимание на экзопланеты. И это совершенно закономерно — по логике, таким и должен был быть первый шаг, поскольку единственная жизнь, которую мы знаем, зародилась именно на планете. Тем не менее авторы научной фантастики уже давно рассматривали возможность жизни на спутнике, вращающемся вокруг какой-нибудь планеты. В «Аватаре» действие происходит на Пандоре — покрытом буйной растительностью каменистом спутнике, вращающемся вокруг газовой планеты Полифем. В «Звездных войнах» Эндор — это лесистый спутник, место обитания эвоков. В «Докторе кто» Доктор рассматривает возможность обосноваться на пенсии на Затерянном спутнике Пуш, известном всему миру своими плавательными бассейнами.

У звезды, вокруг которой нет каменистых планет, чьи орбиты находились бы в пределах обитаемой зоны, все же могут быть объекты, способные поддерживать жизнь. Если Юпитер затащить в обитаемую зону в Солнечной системе, то условия на

некоторых спутниках этой планеты могли бы быть вполне подходящими для жизни. Но если обнаружение экзопланет — настоящий вызов нашим возможностям, то определение местоположения экзоспутников действительно упирается в границы того, чего мы в настоящее время способны достичь.

Это не остановило команду под руководством Дэвида Киппинга из Колумбийского университета в Нью-Йорке, и они продолжили поиски.

Гравитационное притяжение спутников периодически ускоряет и замедляет планету, вращающуюся по орбите вокруг ее звезды. Это привело бы к тому, что транзиты случались бы на пять минут раньше или позже, чем ожидалось. Обнаружение таких ориентиров требует невероятно точной работы и находится в пределах того, что космический телескоп Кеплер может достичь. Вашему настольному компьютеру потребовалось бы пятьдесят лет, чтобы пробраться через все хитросплетения сложнейших вычислений, необходимых для проверки всего одной планеты.

Тем не менее летом 2017 года астрономическое сообщество было в высшей степени взволновано слухами об обнаружении потенциального экзоспутника в системе Кеплер-162b. Похоже, в этой системе может существовать спутник размером с планету Нептун в конфигурации с экзопланетой размером с Юпитер. На момент написания этой книги Киппинг и его команда подали заявку на время для работы с космическим телескопом «Хаббл», чтобы взглянуть на это поближе в надежде подтвердить то, что может стать поистине историческим открытием.



Caput medusae

Andromeda

Perseus

Cetiopsia

Cepheus

Virginior

Ictum

Aquil

Herculis

Ophiogidus

Anguis

Coru

Draco

Bootis

Erichonius

Virginior

ГАЛАКТИКИ

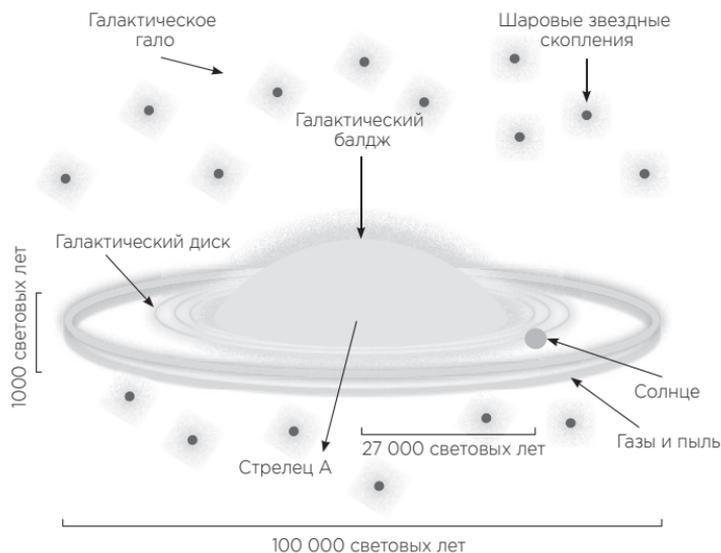
МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

НАЗВАНИЕ И ВНЕШНИЙ ОБЛИК

В легендах коренных жителей Америки, индейцев чероки, его называют дорогой, по которой убежала собака; тропой, усеянной зернами кукурузы, которые обронил своровавший их пес. В восточной Азии это серебристая река на небесах. Маори Новой Зеландии видят в нем облик гигантского каноэ. В греко-римской мифологии это грудное молоко Геры, разбрызганное по всему небу младенцем Гераклом (Геркулесом), сосущим материнскую грудь.

Именно на основе последней легенды получила свое современное научное название эта ярко светящаяся пылеобразная дуга, протянувшаяся по всему ночному небу от одного конца до другого: Млечный Путь. В этом поясе света, приблизительно охватывающем 30 градусов по ширине, доминируют звездные скопления и темные полосы пылевой материи.

Но все же многие из нас никогда не видели его. Восемьдесят процентов населения Северной Америки живут в регионах, где его заслоняет световое загрязнение. Примерно треть мирового населения находится в таком же положении.



Наша галактика — Млечный Путь — имеет форму плоского диска с находящимся в центре балджем и спиральными дугами, окруженными гало из темного вещества

Но это стоит того: отправиться в темную сельскую местность, чтобы увидеть все своими глазами. Зрелище Млечного Пути, наверное, самое грандиозное и впечатляющее зрелище, какое только можно увидеть на ночном небе. Галилео был первым, кто направил свой телескоп к Млечному Пути и проследил всю его длину, наблюдая за бесчисленными звездами. Даже пары биноклей вполне достаточно,

чтобы увидеть, как эта полоса неба буквально кишит звездами и звездной пылью.

Большой Провал и Угольный Мешок представляют собой ярко выраженные темные области, лишенные звезд. Гигантские молекулярные облака не позволяют нам наблюдать за звездами, которые находятся за ними.

Хотя Млечный Путь виден отовсюду, реальные события концентрируются в зодиакальных созвездиях Стрельца и Скорпиона. Наилучший вид на эти области неба открывается на широте — 30 градусов, в этом случае они оказываются прямо над головой. Эта широта протягивается от Чили и Аргентины через Южную Африку и продолжается на восток, проходя совсем рядом с австралийскими городами Перт и Брисбен. Неудивительно, что ряд лучших телескопов в мире установлены вблизи этой линии. Астрономы, наблюдающие за Млечным Путем и пытающиеся разгадать его тайны, стремятся занять наилучшие для этого места.

ФОРМА, РАЗМЕР И СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЧАСТИ

Мы видим Млечный Путь именно таким, потому что живем внутри него. Будучи спиральной галактикой, снаружи он напоминает две яичницы-глазуньи, приклеенные друг к другу. В центре Галактики имеется похожий на желток балдж, который окружен значительно более плоским диском. Мы находимся

примерно на середине пути до края этого диска, на одном из малых спиральных ответвлений нашей Галактики.

Когда мы обращаем свой взор в направлении созвездия Стрельца, мы смотрим прямо сквозь диск на заполненную до предела центральную область. Если перемещаться в направлении созвездий Ориона и Возничего, то окажется, что вы направляетесь в противоположном направлении, к краю Галактики.

Оценки размеров и составляющих частей нашего Млечного Пути варьируют в самых широких пределах. Но большинство астрономов соглашались с тем, что ширина нашей Галактики равняется, по крайней мере, 100 тысячам световых лет. Получается просто невероятная цифра — один миллион триллионов километров. Луч света, отправившийся в путь с одной стороны галактики 100 тысяч лет назад, когда Homo Sapiens все еще делили планету с неандертальцами, только сейчас добрался бы до другой стороны.

Есть еще один способ представить себе, как это все происходит. Вообразим на секунду, что вы могли бы сократить расстояние от Солнца до границы пояса Койпера до размеров своего мизинца. В масштабе этого пальца Млечный Путь распростерся бы по всему Атлантическому океану, с одним краем в Лондоне и другим — в Кингстоне, на Ямайке. Солнце — просто крошечный космический объект по сравнению с размерами всей Галактики.

Млечный Путь, может быть, и широк, но по толщине его диск составляет в среднем всего 1 тысячу световых лет. Этот диск является местом нахождения Солнца и, по меньшей мере, еще 100 миллиардов других звезд, возможно, в общей сложности даже 400 миллиардов звезд. Оценки, сделанные на основе полученных с помощью космического телескопа «Кеплер» данных, позволяют предполагать, что в обитаемой зоне этих звезд может находиться до 60 миллиардов планет.

Звезды на этом диске вращаются вокруг центра против часовой стрелки, то есть так же, как планеты вращаются вокруг Солнца.

Солнцу требуется приблизительно 220 миллионов лет, чтобы завершить один виток по Млечному Пути, астрономы называют этот период космическим годом.

СПИРАЛЬНЫЕ РУКАВА

Нам не дано увидеть Млечный Путь со стороны — он просто слишком необъятен, чтобы его можно было покинуть. Если перемещаться со скоростью космической станции «Вояджер», потребовалось бы 5 миллионов лет, чтобы выйти за пределы нашей Галактики по самому короткому пути. Но на тот случай, если бы это стало возможным, у нашей Галактики имеются самые поразительные ее части — спиральные рукава.

Четыре огромные цепочки из звезд и газа, похоже, выходят спиралью из центральной перемычки, находящейся в галактическом балдже. К ним присоединяются по меньшей мере два рукава меньших размеров. Один из них служит домом для Солнца. У нас есть возможность составить картину их взаиморасположения, наблюдая за тем, как движутся звезды нашей Галактики, а также наблюдая за другими спиральными галактиками, расположенными в других частях Вселенной.

Многие годы спиральные рукава представляли собой настоящую головоломку. На первый взгляд каждый рукав выглядит как отдельная группа звезд,двигающихся вместе вокруг центра. Но такого не может быть. Спиральные галактики вращаются достаточно быстро, так что со временем рукава просто перестали бы существовать. Представим галактику в виде беговой дорожки с несколькими полосами. Точно так же, как бегуны, занимающие внутреннюю дорожку, звезды, находящиеся ближе к середине, будут опережать тех, которые находятся дальше от центра. Потребовалось бы всего несколько кругов, чтобы рукава исчезли.

В 1960-х годах китайские астрономы С. С. Лин и Фрэнк Шу поняли, что спиральные рукава больше похожи на дорожную пробку. Когда кто-то, кто едет впереди, нажимает на тормоз, все, кто едет сзади, также останавливаются. По мере того как затормозивший автомобиль ускоряет свое движение, пробка, как волна, перемещается в заднем направлении.

Когда вы сталкиваетесь с такой чрезмерно запруженной автомобилями частью дороги, вы замедляете свой ход. То же самое происходит со звездами. Когда молекулярные облака спрессовываются, их настигает коллапс, в результате которого они превращаются в новые звезды. Именно поэтому мы наблюдаем такое множество процессов образования звезд в спиральных рукавах.

Такие дорожные пробки, получившие название волн плотности, обладают одним свойством, которое вы не увидите ни на одной трассе. По мере приближения звезды к запруженному плотному региону, она затягивается в него все быстрее под воздействием коллективной гравитации звезд, уже находящихся внутри пробки. Когда звезда, наконец, выбирается из нее, она делает это очень медленно, так как гравитация остающихся в ней звезд, удерживая, тянет ее назад. По этой причине звезды проводят много времени, будучи частью волны плотности, а спиральные рукава продолжают существовать.

ЦЕНТР ГАЛАКТИКИ

Когда Солнце садится над спящим гавайским вулканом, купола гигантской обсерватории Кек превращаются в силуэт. С наступлением ночи они медленно открываются, демонстрируя десятиметровые зеркала, находящиеся внутри. Начиная с середины

1990-х годов астрономы пользовались этими расположенными на вершине Мауна-Кеа телескопами для сбора древнего света, падающего на Землю из центра Млечного Пути.

Они пытались точно установить и понять, вокруг чего вращается Галактика. Пристально взглядевшись сквозь 27 тысяч световых лет газа и пыли, они заметили звезды, со свистом вращающиеся вокруг яркого источника радиоволн, известного как Стрелец А (Sgr A*, произносится как «Звезда А созвездия Стрельца»). Мы можем воспользоваться скоростью звезд и расстоянием от Sgr A*, чтобы вычислить массу объекта, вокруг которого они вращаются. Получилась колоссальная масса в 4 миллиона Солнц.

Для того чтобы орбиты звезд оказались устойчивыми, необходимо, чтобы этот объект был по ширине меньше 12 миллионов километров (около пятой части расстояния от Меркурия до Солнца, или 8,5-кратный диаметр Солнца). Единственным объектом, способным упаковать или вместить столь огромную массу в относительно небольшое пространство, является черная дыра.

Таким образом, в данный момент Солнце тащит нас вокруг черной дыры со скоростью примерно в миллион километров в час. К счастью, мы находимся на достаточно большом расстоянии от нее и можем не бояться угрозы быть засосанными внутрь, однако астрономы видели материалы, которые оказывались в опасной близости от нее. В период между 2011 и 2014 годами они на-

блюдали за газовым облаком, называемым «юбка Стрельца G2» и расположившимся вокруг черной дыры. Сначала они подумали, что оно собирается кануть в небытие, но, по-видимому, внутри облака находилась звезда, помогавшая ему держаться вместе.

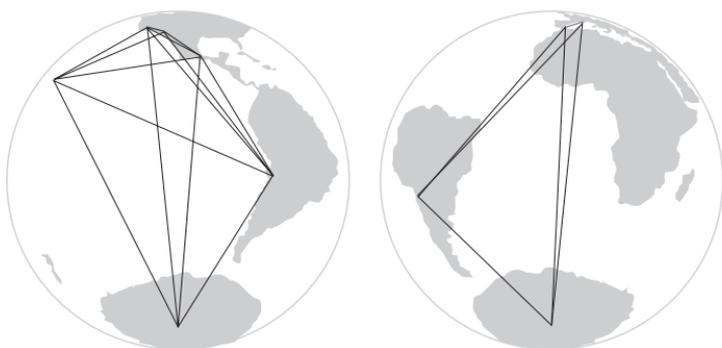
Другое облако — Стрелец B2 — подверглось удару потока радиации, вызванной черной дырой около 400 лет назад. Можно заключить, что сравнительно недавно по космическим меркам Sgr A* была в миллионы раз активнее, чем в настоящее время.

ТЕЛЕСКОП ГОРИЗОНТА СОБЫТИЙ

Центр Галактики является идеальной лабораторией для проверки общей теории относительности Эйнштейна. Звезды, вращающиеся вокруг Sgr A*, испытывают гравитационное притяжение в сотню раз более мощное, чем где бы то ни было, где эта теория проверялась прежде. Точно так же, как близость Меркурия к Солнцу продемонстрировала нам изъяны в ньютоновской картине гравитации, звезды, вращающиеся вокруг центральной черной дыры Млечного Пути, могут выявить недостатки концепции Эйнштейна. При этом любые, даже малейшие отклонения, способны стать своего рода компасом, указывающим путь к успешной теории всего.

Продолжающиеся наблюдения центральных звезд через телескопы Кека будут играть значительную роль в достижении этой цели. Однако нам нужно взглянуть на черную дыру еще более пристально, если мы действительно хотим поставить теорию Эйнштейна в фокус нашего внимания. В идеале мы хотели бы увидеть, как пространство-время искривляется непосредственно за пределами горизонта событий.

Согласно предсказанию общей относительности, у черной дыры должна быть круглая тень: темное пятно внутри кольца, образованного светом, который прошел бы мимо нас, но из-за экстремального гравитационного поля черной дыры изменил свое направление в нашу сторону. Если окажется так, что тень по форме не кругообразная или не такого размера, как мы ожидали, тогда мы, возможно, окажемся на пороге революции.



Для того чтобы увидеть область вокруг черной дыры, понадобится телескоп размером с Землю. Поэтому астрономы создали телескоп горизонта событий путем объединения существующих по всему миру телескопов в единую сеть

ПУЗЫРИ ФЕРМИ

Наша Галактика продолжает преподносить сюрпризы. В 2010 году астрономы, работавшие с космическим телескопом Ферми (получившим название в честь пионера в этой области исследований) обнаружили два обширных пузыря из гамма-лучей, удаляющихся от центра Галактики. Раздувающиеся сверху и снизу от диска, эти пузыри Ферми простираются на 25 тысяч световых лет во всех направлениях. Каждый из них содержит достаточно холодного газа, чтобы образовать 2 миллиона Солнц. По убеждению астрономов они сформировались от 6 до 9 миллионов лет назад, это свидетели истории Галактики, такие же старые, как сам Млечный Путь. Их формирование было спровоцировано Sgr A*, потребляющей газовые облака весом в сотни или, возможно, даже тысячи Солнц. Однако не все поглощалось. Некоторые вещества ускорялись вокруг черной дыры и возвращались в Галактику. Ровная и округлая природа пузырей означает, что энергия выделилась за очень короткий промежуток времени.

Вероятно, это был последний раз, когда Sgr A* хорошенько подкрепилась на банкете - с тех пор, по-видимому, она находится на диете, ограничиваясь легкими перекусами. У других галактик имеются чудовищных размеров черные дыры с куда более ненасытным аппетитом.

И все же фокусироваться на столь компактном объекте, находящемся на расстоянии 27 тысяч световых лет, совсем не простая задача. Для

этого требуется телескоп с разрешением в две тысячи раз большим, чем у космического телескопа «Хаббл». Об одиночном телескопе такой мощности говорить не приходится — он должен быть размером с Землю.

Поэтому астрономы изобрели очень хитроумную альтернативу. Они объединили телескопы США, Мексики, Чили, Антарктиды и Испании, и эта сеть превратилась в подобие более мощного телескопа, почти такого же широкого, как наша планета. В 2017 году этот телескоп горизонта событий был впервые направлен в сторону Sgr A*, и вскоре с его помощью будут окончательно проверены теории Эйнштейна.

ПРОБЛЕМА РОТАЦИИ

На первый взгляд Млечный Путь выглядит как гигантская солнечная система. В ее центре находится огромная масса вещества и энергии, а вокруг вращаются более мелкие объекты. Но при ближайшем рассмотрении оказывается, что спиральные галактики фундаментально отличаются от планетарных систем.

Каждая последующая планета по мере удаления от Солнца движется медленнее, чем предыдущая, и ей требуется больше времени для совершения одного оборота вокруг своей звезды. Меркурию для этого необходимо всего семьдесят восемь дней, у Нептуна же это занимает 165 лет. Отсюда можно

было бы ожидать, что орбитальные скорости звезд также станут падать по мере удаления от центра Галактики. Но этого в случае с Млечным Путем не происходит.

Первые сообщения о том, что у Млечного Пути существуют такого рода проблемы вращения, поступили уже в 1930-х годах. Ян Оорт — голландский астроном, давший свое имя облаку Оорта, — наблюдал за звездами, расположенными вблизи окраин Галактики, и занимался измерением их скорости. Он обнаружил, что они движутся слишком быстро. При скоростях, с которыми они перемещались, они должны были преодолеть силу гравитации Млечного Пути и затеряться где-то в межгалактическом пространстве. Тот факт, что им это не удалось, заставил его предположить, что гравитация Галактики должна быть значительно мощнее, чем предполагалось ранее.

Работы Оорта были почти забыты, и о них не вспоминали вплоть до конца 1960-х годов, когда эстафетную палочку перехватила американский астроном Вера Рубин. На протяжении следующих десяти лет она наблюдала за вращением сотен других спиральных галактик и обнаружила тот же феномен. Выяснилось, что звезды на границах спиральных галактик вращаются так же быстро, как и те, что находятся вблизи балджа. Рубин скончалась на Рождество в 2016 году, когда многие высказывали предположения о том, что она могла бы получить Нобелевскую премию за свои работы (премии не присуждаются посмертно).

ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Наиболее распространенным объяснением проблемы вращения является то, что существует некая дополнительная, незримая масса, скрывающаяся по всей Галактике таким образом, что мы не можем ее видеть. Эта темная материя обеспечивает дополнительную гравитацию, необходимую для удержания на орбите быстро перемещающихся звезд. Действительно, Оорт еще в 1930-х годах предполагал, что эта скрытая масса превышает видимый материал в соотношении три к одному.

Первоначальная идея, объясняющая этот феномен, состояла в том, что в Галактике содержится большое количество массивных астрофизических компактных объектов гало (МАКОГ)*. Астрономам нравятся их аббревиатуры. В сущности, МАКОГ — это тривиальные космические объекты наподобие черных дыр и нейтронных звезд, физически настолько малые, что их трудно увидеть, и настолько тяжелые, что они все вместе способны компенсировать недостающую гравитацию.

Однако сегодня мы можем измерить дефицит массы намного точнее, чем во времена Оорта. То, что мы можем наблюдать, составляет лишь 10–12 процентов от всей массы Млечного пути. Такой разрыв слишком велик для того, чтобы МАКОГ могли его восполнить за счет собственных ресурсов. Время от времени мы можем зафиксировать МАКОГ, если они проходят на

* Английское сокращение MACHO. *Прим. ред.*

фоне далекой звезды и увеличивают свое свечение в результате гравитационного микролинзирования. Мы еще не наблюдали достаточное количество таких событий, чтобы сделать вывод о том, что популяций МАКОГ хотя в бы в какой-то мере достаточно для решения проблемы ротации.

В настоящее время астрономы придерживаются мнения, что темная материя может выступать в форме слабо взаимодействующих массивных частиц (СВМЧ). Слабо взаимодействующих — потому что они не взаимодействуют со светом (поэтому мы их не видим). Массивных — потому что они должны восполнить значительный дефицит гравитации. В отличие от МАКОГ, СВМЧ — это то, с чем мы никогда до этого не сталкивались. Они представляют собой совершенно новый тип материи, о которой только мечтали физики, исследующие элементарные частицы, чтобы объяснить вращение галактик.

Все, что мы видим вокруг себя, состоит из частиц, включенных в Стандартную модель — стандартный реестр, напоминающий кулинарную книгу для Вселенной, которую на протяжении многих десятилетий регулярно пополняли физики, исследующие элементарные частицы. Кроме того, никакое другое вещество в Стандартной модели не ведет себя так, как темная материя. Однако физики работали над дополнением к Стандартной модели, которое получило название суперсимметрии (мы уже встречались с ней, когда рассматривали теорию суперструн на странице 225). Согласно этой суперсимметрии, у каждой частицы из Стандартной модели имеется

зеркальная частица. СВМЧ, возможно, являются наименее легчайшими из этих суперсимметричных частиц — нейтралينو.

ПОИСКИ СВМЧ

В заброшенной шахте на золотых приисках, на глубине 1,5 километра под Южной Дакотой, располагается резервуар с жидким ксеноном, прикрытый слоем из 70 тысяч галлонов воды. А в это время в Антарктиде демонстрируют готовность к работе внедренные глубоко под лед приборы для обнаружения. На Большом адронном коллайдере в Швейцарии сталкиваются друг с другом элементарные частицы, движущиеся со скоростью, близкой к скорости света. А над Землей каждые девяносто две минуты вращается по своей орбите экспериментальная станция AMS-02, привязанная к Международной космической станции (МКС). С помощью всех этих инструментов физики ведут поиски самого разыскиваемого объекта во Вселенной: СВМЧ. Если темная материя действительно является артефактом суперсимметрии, тогда физикам в ЦЕРНе, занимающимся исследованием элементарных частиц, необходимо найти доказательства того, что суперсимметрия — нечто большее, чем просто красивая теория, существующая только на бумаге.

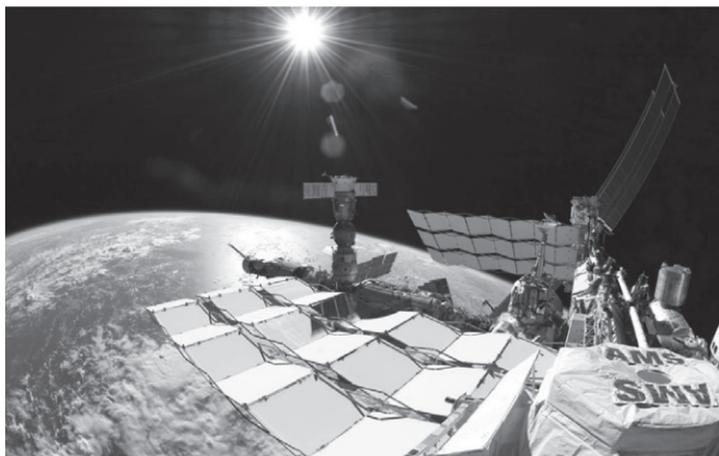
Если СВМЧ на самом деле существуют, тогда они должны ударяться о ваше тело ежеминутно. Однако зафиксировать их, с учетом того, что вокруг вас вра-

щается так много всего другого, — цель настолько же благая, насколько и невозможная. И так, в шахте в Южной Дакоте аппаратура Большого подземного ксенонового (БПК) эксперимента прикрыта твердой породой и слоем воды. Эксперимент задуман с тем, чтобы уловить вспышки света, излучаемые потоком СВМЧ, из-за столкновений с ксеноном.

Приборы для обнаружения в эксперименте «Кубик льда», проводимого на Южном полюсе, таким же образом защищены замерзшей тундрой. Они пытаются уловить косвенные свидетельства существования СВМЧ. Если в Галактике имеется темная материя, тогда Солнце силой своей гравитации должно привлекать к себе некоторое ее количество по мере своего передвижения по Млечному Пути. Это означает, что СВМЧ заканчивают свою жизнь, сталкиваясь друг с другом глубоко внутри звезды. Согласно вычислениям, это привело бы к образованию высокоэнергетичных нейтрино, которые могли бы выбрасываться из Солнца — поиски именно этих частиц и являются задачей научного проекта под названием «Кубик льда».

И наконец, магнитный альфа-спектрометр (МАС-02), на МКС, направлен в сторону перенасыщенного космическими объектами балджа Млечного Пути. Учитывая, что в этой области темная материя упакована более плотно, столкновения СВМЧ должны быть здесь обычным явлением. Предполагается, что эти события приводят к созданию каскада частиц, называемых позитронами (антивещество, эквивалентное электронам). Обнаружить излишки позитронов вблизи центра Галактики все равно что найти дымя-

щийся пистолет. И что удивительно, взрыв позитронов все же был обнаружен. Однако даже это открытие не позволяет астрономам исключить возможность существования менее экзотических объяснений.



Космические аппараты, запущенные в рамках эксперимента МАС-02, вращающиеся по орбите на МКС, занимаются поисками резкого увеличения количества позитронов, вызванного столкновениями темной материи в недрах Млечного Пути

Очевидно, что физики делали все возможное для того, чтобы уловить СВМЧ. Но результаты пока остаются весьма скромными. Эта концепция продолжает оставаться лучшей из всех существующих на данный момент, но если в ближайшее время астрономам не удастся фактически обнаружить эти частицы, им не останется ничего другого, как вернуться к своим планшетам. Сторонники другой идеи, совершенно отличной от этой, — МОНД — уже предчувствуют запах крови и готовятся к атаке.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ НЬЮТОНОВСКАЯ
ДИНАМИКА (МОНД)

Для того чтобы объяснить, почему наблюдаемой в галактиках гравитации недостаточно для наблюдаемой скорости движения их звезд, нам необходима темная материя. Поэтому мы придумали невидимую субстанцию, чтобы восполнить этот недостаток.

Но что, если мы в действительности неправильно понимаем смысл гравитации? Что, если нам кажется, что гравитации недостаточно, лишь потому, что мы в действительности не понимаем, как работают эти силы в масштабах больших галактик? Это ровно то, что утверждают сторонники модифицированной ньютоновской динамики (МОНД). Концепция МОНД утверждает, что гравитация не является универсальным законом, открытым Ньютоном: в случае ее применения к большим масштабам она требует соответствующей модификации. Эта идея была впервые выдвинута в 1983 году израильским физиком Мордехаем Милгромом.

ГАЛАКТИЧЕСКОЕ ГАЛО

Спиральная галактика может выглядеть плоской, но это касается лишь видимой ее части. Вероятно, что Млечный Путь погружен в обширное гало темного вещества. Это гало имеет форму большого раздавленного надувного мяча, у которого снизу и сверху диска темной материи больше, чем по его сторонам.

Астрономы составили его карту путем отслеживания карликовых галактик, совершающих орбитальное вращение вокруг Млечного Пути. У нашей Галактики около пятидесяти таких небольших спутников, каждый из которых имеет меньше звезд, чем другие галактики, подобные Млечному Пути. Точно так же, как мы используем движущиеся по орбите звезды для установления веса сверхмассивной черной дыры Стрельца А, вес Млечного Пути мы измеряем с помощью карликовых галактик-спутников.

Галактическое гало также является местом нахождения множества шарообразных скоплений. Эти плотные группы древних звезд, если смотреть в телескоп или через бинокль, представляют собой в высшей степени эффектное зрелище.

До 40% шарообразных скоплений Млечного Пути вращаются ретроградно — в противоположном направлении по отношению к звездам, находящимся на диске. Так же, как и в случае с ретроградными спутниками нашей Солнечной системы, это, вероятнее всего, означает, что они являются захваченными объектами.

Ускорение движения типичной звезды вокруг спиральной галактики в 10 миллиардов раз меньше, чем ускорение вымышленного ньютоновского яблока при его падении на землю. По утверждению Милгроста, при таком незначительном ускорении нам следует видоизменять уравнения Ньютона. Теоре-

тики МОНД утверждают, что объекты, находящиеся в слабых гравитационных средах, испытывают несколько большее тяготение, чем мы могли бы ожидать в норме.

Чтобы та или иная научная теория воспринималась всерьез, она должна выдвигать проверяемые предположения. Проповедники МОНД воспользовались ее модифицированными уравнениями для того, чтобы предсказать орбиты семнадцати карликовых галактик, вращающихся вокруг Андромеды (ближайшей к Млечному пути большой галактики). И они попали точно в цель.

СКОПЛЕНИЕ ПУЛЯ

Расположенное на расстоянии около 4 миллиардов световых лет от Земли, скопление Пуля на самом деле представляет собой два скопления галактик, находящихся в процессе столкновения. Астрономы установили, по какой схеме происходит распространение горячих газов в процессе слияния. Они также воспользовались тем фактом, что скопления приводят к отклонению света, идущего от далеких объектов, — гравитационное микролинзирование — для того, чтобы установить характер распределения масс внутри них.

Здесь происходит четкое разделение между горячим газом и большей частью остальной массы. По этой причине большая часть массы должна оставаться невидимой. Многие считают это является явным признаком присутствия темной материи

и неопровержимым аргументом против МОНД. Но в последние годы защитники концепции МОНД выступили с новыми доводами, объясняющими и это несоответствие.

Критики темной материи также указывают на скорость, с которой столкнулись скопления, — 3 тысячи километров в секунду. Такие высокие скорости не фигурировали в более ранних компьютерных моделях темной материи. Но в настоящее время модели были соответствующим образом отрегулированы. Таким образом, скопление Пуля остается огромным камнем преткновения.

Между тем, МОНД продолжает оставаться маргинальной теорией. Большинство астрономов и космологов отдают предпочтение идее темной материи. Это в большой степени связано с тем, что темная материя, являющаяся физической сущностью, позволяет объяснить, как структура образовалась на ранней стадии развития Вселенной. Гравитационное притяжение темной материи способствовало скоплению обычной материи с превращением ее в звезды и Галактики в расширяющейся после Большого взрыва вселенной.

Это также объясняет, почему Андромеда и Млечный Путь в настоящее время придерживаются курса, ведущего к их столкновению. Для того чтобы расширение Вселенной было преодолено и они начали двигаться в направлении друг к другу, необходимо, чтобы между ними существовало гравитационное

притяжение, эквивалентное количеству вещества в галактиках в восемьдесят раз большему, чем все звезды, которые мы можем наблюдать.

ФОРМУЛА ДРЕЙКА

Задолго до того, как была обнаружена первая экзопланета, астрономы задавались вопросом о возможности жизни в других частях Вселенной. Еще в 1600 году Джордано Бруно утверждал, что звезды являются лишь далекими подобиями Солнца, со своими планетами и, возможно, живыми существами.

В начале 1960-х годов американский радиоастроном Фрэнк Дрейк предложил новый способ расчета количества разумных цивилизаций, которое может быть обнаружено в Млечном Пути. Он представил свои исследования на первом конгрессе, посвященном поискам внеземного разума (ПВР). Являясь радиоастрономом, он был особенно заинтересован в установлении количества цивилизаций, с которыми можно установить контакт.

Уравнение Дрейка выглядит как упражнение в области теории вероятности. Для того чтобы установить общую вероятность совершения двух событий, необходимо перемножить их индивидуальные вероятности друг на друга. Таким образом, шансы, что монета два раза подряд упадет лицевой стороной вниз, равны $1/4$ ($1/2 \times 1/2$). Дрейк отметил семь ключевых факторов, связанных с вероятностью

того, имеется ли на планете разумная цивилизация, способная сообщаться посредством радиосигналов. У звезды должна быть планета, а эта планета должна быть подходящей для развития жизни, и жизнь должна зародиться на ней, а она, в свою очередь, должна развить разум. И т. д.

Дрейк перемножил эти вероятности, чтобы определить число цивилизаций в Млечном Пути, способных контактировать и сообщаться. По его первоначальной оценке, это число составляло, по крайней мере, одну тысячу. Если взять более современные оценки, то это число будет значительно ниже, иногда всего лишь горстка. Это обстоятельство может служить объяснением того, почему мы все еще не обнаружили каких-либо свидетельств существования других продвинутых цивилизаций, но астрономы не оставляют надежды и продолжают поиски.

ПОИСКИ ВНЕЗЕМНОГО РАЗУМА (ПВР)

Целенаправленные поиски инопланетных сигналов с использованием радиотелескопов всерьез начались в начале 1960-х годов. В 1960 году Фрэнк Дрейк повернул 26-метровую тарелку в Грин-Бэнк, Западная Вирджиния, в направлении звезд Тау Кита и Эпсилон Эридана. Тогда он не услышал ни звука.

У астрономов имеется целый ряд радиостанций на выбор, так на какую же частоту настроиться?

Дрейк выбрал частоту, близкую к 1420 мегагерц. Она не только находится в спокойной части спектра радиоволн, но и занимает место между естественными частотами водорода (H) и гидроксильной группой (OH).

ПАРАДОКС ФЕРМИ

Где все? Этот простой вопрос известен как парадокс Ферми. Он получил свое название по имени американского физика итальянского происхождения Энрико Ферми.

Согласно формальной логике этого парадокса, жизнь во Вселенной должна довольно часто встречаться. Повсюду вращается масса звезд и планет, поэтому у живых существ имеется множество шансов появиться где-нибудь еще в космическом пространстве. С учетом того, что здесь имеются и звезды намного старше, чем Солнце, должны существовать и обитаемые планеты, также значительно старше, чем Земля, со своими цивилизациями, намного более продвинутыми, чем наша собственная.

Но если жизнь где-то еще в космическом пространстве все-таки существует, тогда почему мы не можем увидеть или услышать хотя бы что-то, что могло послужить доказательством или фактическим намеком на ее существование? На Земле мы обнаружили и раскрыли артефакты динозавров и ранних гоминид, живших задолго до нас. Но мы никогда не встречали ничего подобного археологическим остаткам в космосе, на чем можно было бы строить предположения о том, что кроме нас в Млечном Пути существует кто-то еще или существовал в прошлом.

По утверждению некоторых астрономов, это происходит потому, что мы — единственные живые существа во всем Млечном Пути. По мнению других — разумные цивилизации исчерпывают себя до того, как у них появляется шанс сообщить о своем существовании кому-либо еще. Но вопреки всем несоответствиям, мы продолжаем терпеливо вслушиваться в небо в надежде получить сигналы от каких бы то ни было потенциальных соседей, существовавших когда-то или существующих в настоящее время.

Радиоастрономы отметили, что при соединении этих форм образуется вода (H_2O). Поэтому этот разрыв получил название «водной дыры» — он указывает на спокойный участок в спектре радиоволн, который могут выбрать чужеземцы для того, чтобы встретиться и пообщаться, точно так же, как животные в саванне встречаются у водопоя.

Начиная с первых работ Дрейка, астрономическое сообщество прилагало всевозможные усилия для того, чтобы исследовать и тщательно осмотреть небесный свод на этих частотах. Но даже обзор ближайшей тысячи звезд в этом узком диапазоне означает охват поиска в пределах 242 миллиардов возможных радиоканалов. В 2015 году ПВР получило большую поддержку со стороны российского миллиардера Юрия Мильнера, который бросил 100 миллионов долларов на решение этой проблемы. Десятилетний проект «Прорвись и слушай» станет самой всесторонней на данный

момент попыткой поиска контактов с внеземной цивилизацией.

Между тем, за шесть десятилетий такого прослушивания мы ни разу не услышали чего-либо действительно внеземного. Был все же один сигнал, оставшийся совершенно непонятым и не объясненным: сигнал «Wow!» («Ого!»), поступивший в 1977 году. Принятый с помощью радиотелескопа «Большое ухо» в Огайо, он имеет все признаки внеземного происхождения. Сильный, продолжительностью в семьдесят две секунды, внезапный радиосигнал привел астронома Джерри Эймана в состояние такого волнения, что он подчеркнул соответствующие цифры на листе бумаги и тут же написал красным «Wow!». Но этот сигнал больше никогда не повторялся, и у нас нет никакой возможности доказать, что он послан к нам внеземным разумом. Этот сигнал мог бы стать самой важной вехой в истории человечества или стать ничем. В этом и заключается суть разочарования, неизбежно сопровождающего все усилия по ПВР, а также его посланий.

МЕСТНАЯ ГРУППА

МАГЕЛЛАНОВЫ ОБЛАКА

В XVI веке португальский мореплаватель Фердинанд Магеллан проплывал по курсу ниже экватора, пытаясь обогнуть Землю. Здесь он заметил два

гигантских облака, прорисовавшихся на небе, которые по мере вращения Земли проплыли по ночному небосклону.

Впрочем, самому мореплавателю в тот момент было невдомек, что он видел нечто, находящиеся за пределами нашей Галактики — за пределами Млечного Пути. Но мы до сих пор знаем эту парочку как Магеллановы Облака.

Эти Облака являются частью Местной группы — собрания наших ближайших соседей с подходящим названием, — включающей и другие карликовые галактики, вращающиеся вокруг Млечного Пути, а также Андромеду и галактики Треугольника. Видимые почти исключительно в южных широтах, Магеллановы Облака легко определяются невооруженным глазом и включают в себя созвездия Дорадо, Менза, Тукана и Гидры.

Большое Магелланово Облако (БМО) простирается на 14 тысяч световых лет в диаметре и находится от нас на расстоянии в 160 тысяч световых лет. На ночном небосклоне оно выглядит по величине как двадцать полных лун. Это место нахождения туманности Тарантула — самой активной из всех областей Местной группы, являющейся местом формирования звезд. В 1987 году замечен взрыв сверхновой звезды вблизи границы этой туманности. Известная как SN 1987a, эта звезда была первой ближайшей сверхновой звездой, взорвавшейся с момента взрыва так называемой сверхновой звезды Кеплера в 1604 году. Взрыв был настолько ярким, что его можно было наблюдать невооруженным глазом.

Малое Магелланово Облако (ММО) приблизительно вполтину меньше большого и находится от нас на 40 тысячах световых лет дальше. В результате гравитационного взаимодействия ММО и БМО возникает Магелланов Мост — струя водородного газа, охватывающая пространство между ними, которое в противном случае осталось бы пустым. Аналогичный эффект создает Магелланов Поток между Магеллановыми Облаками и самим Млечным Путем. Наличие отчетливой перемычки в центре БМО позволяет предполагать, что оно некогда могло быть карликовой спиральной галактикой, пока она не потеряла рукава в результате гравитационного притяжения ее соседей.

ЦЕФЕИДЫ

В 1908 году американский астроном Генриетта Суон Ливитт опубликовала одну из важнейших работ в истории астрономии. Статья была озаглавлена «1777 переменных звезд в Магеллановых Облаках».

В центре внимания статьи были цефеиды, или переменные звезды. Эти звезды расширяются и сжимаются, из-за чего их яркость регулярно меняется. Они также предоставляют нам бесценный способ измерения расстояний в космическом пространстве, будучи частью астрономических инструментов, известных как стандартная свеча. Для определения расстояния до ближайших звезд астрономы исполь-

зуют метод параллакса. Так или иначе, наступает момент, когда звезды оказываются на таком большом расстоянии от нас, что метод параллакса больше не работает. И тогда приходит очередь стандартной свечи.

Представим себе, что мы смотрим на светящуюся лампу сквозь окно в расположенном далеко здании. Чем на большее расстояние вы удаляетесь, тем тусклее будет казаться лампа, потому что по мере увеличения расстояния свет становится слабее. Если вы знаете действительную яркость лампы (скажем 40 или 60 ватт), вы сможете вычислить, насколько она потускнела и, отсюда, на каком расстоянии от здания вы находитесь.

Мы можем проделать в точности то же самое в космосе, конечно, с учетом того, что звезды не явятся к нам с их реальной светимостью, аккуратно прописанной у них на боку. Вот почему работа Генриетты Суон Левитт по цефеидам была поистине бесценной. Она показала, что для изменения светимости цефеидам с большей светимостью требуется больше времени. Таким образом, надо лишь найти цефеиды, подождать и посмотреть, сколько времени им требуется для того, чтобы изменить свою светимость, и вы сможете вычислить их истинную светимость. Точно так же, как и в случае с лампой, после этого можно просто вычислить, на каком расстоянии находится звезда.

Как мы увидим дальше, именно в начале XX века был сделан огромный шаг вперед в нашем понимании Вселенной и ее происхождения. Но

трудно представить, как все эти достижения могли бы стать возможными без Генриетты Суон Ливитт и ее точного метода определения расстояний, учитывая ситуации, когда метод параллакса просто не работает.

ТУМАННОСТЬ АНДРОМЕДЫ И ГАЛАКТИКИ ТРЕУГОЛЬНИКА

Зрелище ночного неба — истинное наслаждение для наших глаз. Метеоры, кометы, планеты, звезды, шаровидные скопления, туманности, двойные звезды — у неба есть что нам предложить. Но какие самые дальние объекты мы можем увидеть без помощи телескопов и биноклей? Ответ — ближайšie к нам галактики.

В созвездии Андромеды находится неясно очерченное пятно света, едва видимое невооруженным глазом и укромно разместившееся среди других звезд. Такое впечатление, что оно появилось из-за того, что кто-то, лизнув свой большой палец, дотянулся до небес и поставил кляксу в крошечной тьме. Это и есть галактика Андромеда — ближайшая к нашему Млечному Пути большая галактика. Она состоит из триллиона звезд, но при этом выглядит так, будто это всего лишь пролетающее мимо небольшое облачко. Происходит это из-за невероятно огромного расстояния, разделяющего нас, — в среднем 2,5 миллиона световых лет. Даже

с учетом того, что свет перемещается со скоростью 300 тысяч километров в секунду, ему требуется 2,5 миллиона лет, чтобы пройти весь путь от Андромеды до нас. Неудивительно, что мы едва ли можем ее видеть.

Когда мы смотрим в направлении Андромеды, мы видим свет, которому 2,5 миллиона лет. Современных людей даже еще не было на этой планете, когда свет, поступающий к нам сегодня, зародился и отправился в путь. Напротив, наши обезьяноподобные предки, занимавшие промежуточное положение между приматами и современным человеком, известные как австралопитеки, только еще начали на заре каменного века выделывать камни, превращая их в первые примитивные орудия труда.

Всё, что разные формы внеземной жизни, существующие на Андромеде, будь у них телескопы достаточно мощные, чтобы пристально всматриваться в Землю из такой дали, могли бы увидеть на Земле, — это австралопитеки.

Они не знали бы, что их потомки соорудили плавающие суда из мертвых деревьев для того, чтобы бороздить воды океана. Или что их потомки сами завоевали весь новый океан — на этот раз черный, а не синий, — отправив в небо гигантские суда, сделанные из металла.

Вам придется часто слышать, как Андромеду называют самым далеким объектом, который можно увидеть без помощи бинокля и телескопа. В большинстве случаев это действительно так. Од-

нако те, у кого идеальное зрение, должны также суметь разглядеть галактику М33 в Треугольнике из очень темного места. Являясь третьей по величине галактикой в Местной группе, она находится на расстоянии 3 миллионов световых лет от нас. Создается впечатление, что Треугольник находится в состоянии разрыва, вызванного силами гравитации Андромеды, а поток водорода между ними простирается на невероятные 782 тысяч световых лет.

МЛЕКОМЕДА

Андромеда и Млечный Путь находятся в движении. Разрыв между галактиками сокращается со скоростью 100 километров в секунду, и ход событий убыстряется. Примерно через 4 миллиарда лет два звездных гиганта, по всей вероятности, столкнутся друг с другом.

Все это может звучать катастрофически, но спиральные галактики не являются целостными объектами, поэтому такое столкновение не будет похоже на лобовое столкновение. Вместо этого диски галактик будут пронизывать друг друга, а действие гравитации приведет к тому, что широкие нити звезд и пыли будут выдергиваться и выбрасываться наружу в открытое космическое пространство. В конце концов они сольются в одну супергалактику, которую астрономы назвали Млекомеда. Новая

галактика будет вращаться под влиянием Треугольника, которого Андромеда притянет к себе в процессе своего приближения.

Компьютерные модели этого события предполагают, что шанс того, что Солнце в процессе слияния будет выброшено в межгалактическое пространство, где оно будет, подобно сироте, пребывать в полном одиночестве, составляет 12%. Однако из этого не следует, что живым существам на Земле пора беспокоиться, — к тому времени Солнце уже сожжет нашу планету, превратив ее в безжизненную преисподнюю. Утешением может служить то, что по мере приближения Андромеда будет превращаться во все более эффектное зрелище. Она уже выглядит в шесть раз шире, чем полная луна.

Слияние галактик — довольно обычное явление во Вселенной, и они хорошо изучены астрономами. Одним из самых известных примеров является галактика Антенны в созвездии Ворона. Название галактики связано с потоками газа, выделяющимися наружу из центральных областей, — они напоминают антенны насекомых. Две галактики столкнулись всего немногим более миллиарда лет назад, вызвав слияние облаков газа и пыли и запустив интенсивный период формирования звезд.

Другое хорошо известное галактическое слияние происходит в галактике Водоворот. У основной галактики есть компаньон, называемый NGC 5195, — карликовая галактика, очевидно, прошедшая через основную диск 500–600 миллионов лет назад.

ДАЛЕКИЕ ГАЛАКТИКИ

СКОПЛЕНИЯ И СВЕРХСКОПЛЕНИЯ

Если удаляться от Местной группы, то в конце концов вы пересечетесь с другими скоплениями галактик. Некоторые из ближайших скоплений — группы M81, M51 и M101 — получили свое название по названию их крупнейших галактик. Они образуют часть сверхскопления Девы, колоссальную структуру с более чем сотней галактических групп, включая и нашу собственную Местную группу. Она простирается более чем на 100 миллионов световых лет. Обозримая Вселенная содержит примерно 10 миллионов таких сверхскоплений.

Иметь в голове четкое представление об этой структуре — очевидно, не такая простая задача. В этом случае помощь может оказать сравнение с уже знакомой географией Земли. Представьте себе, что Солнечная система — это ваш дом, а Солнце и планеты — ваши комнаты. Тогда экзопланетные системы, обнаруженные до настоящего момента космическим телескопом Кеплер и другими телескопами, будут другими домами на вашей улице — отдельными, но расположенными очень близко.

Начав от вашей улицы и все больше расширяя свое поле зрения, дальше вы увидите бы ваш поселок или город. Галактика — это всего лишь город, местообитание звезд, поэтому Млечный Путь является эквивалентом нашего родного городка в космическом пространстве. У него даже есть более

многолюдные центральные области вблизи балджа и более спокойные и тихие пригороды, удаленные от центра, где на диске обитаем мы.

СКОПЛЕНИЕ ДЕВЫ

Огромное сверхскопление получило свое название по названию крупнейшего и наиболее центрального участника: скопления Девы. Наша Местная группа включает от 50–60 галактик, а в скоплении Девы их приблизительно 2 тысячи. Ее общая масса составляет более миллиона миллиардов Солнц.

Вокруг одной из наиболее хорошо изученных галактик — М87 — вращается 12 тысяч шаровидных скоплений (по сравнению со 150 у Млечного Пути). В ее центре находится сверхмассивная черная дыра весом 7 миллиардов Солнц. Ее можно сравнить со Стрельцом А в Млечном Пути, масса которого всего 4 миллиона Солнц.

На протяжении почти пяти тысяч световых лет из центра М87 извергается отчетливая горячая струя. В результате действия сил гравитации центральной черной дыры движение вещества ускоряется до скорости, почти равной скорости света, и выбрасывается из Галактики. Астрономы надеются узнать больше о нем с помощью проекта «Телескоп горизонта событий».

Каждый может увидеть М87 и многие другие члены скопления Девы самостоятельно с помощью небольшого телескопа. Это скопление видно на небе на участке шириной в десять градусов между звездами Денебола в созвездии Льва и Виндемиатрикс в созвездии Девы.

На Земле все города располагаются вблизи друг друга и все вместе образуют одну страну. В космосе галактики объединяются в группы, образуя скопления. Страны объединяются в огромные пространства земли, называемые континентами. Галактические скопления объединяются в массивные группы, называемые сверхскоплениями. Точно так же, как весь мир состоит из континентов, доступная для наблюдения Вселенная состоит из сверхскоплений.

Таблица 6

| На Земле | В космосе |
|-------------------|--|
| Ваш дом | Солнечная система |
| Ваша улица | Экзопланеты |
| Ваш поселок/город | Млечный путь |
| Ваша страна | Местная группа |
| Ваш континент | Сверхскопление Девы |
| Земля | Доступная для наблюдения часть Вселенной |

КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИК

Не все галактики имеют спиральную конфигурацию. М87, например, является эллиптической галактикой. У заполненного звездами шара, больше похожего по форме на мяч для игры в регби, нет отчетливых пылевых дорожек или спиральных рукавов. Напротив, чтобы польстить спиральным галак-

тикам, заметим, что эллиптические галактики еще и очень медленно вращаются.

Первоначально галактики классифицировались в соответствии с последовательностью Хаббла, названной так по имени американского астронома Эдвина Хаббла. Его классификационная система включает три категории галактик: эллиптические, спиральные и линзообразные (плоские диски с едва оформленными спиральными рукавами).

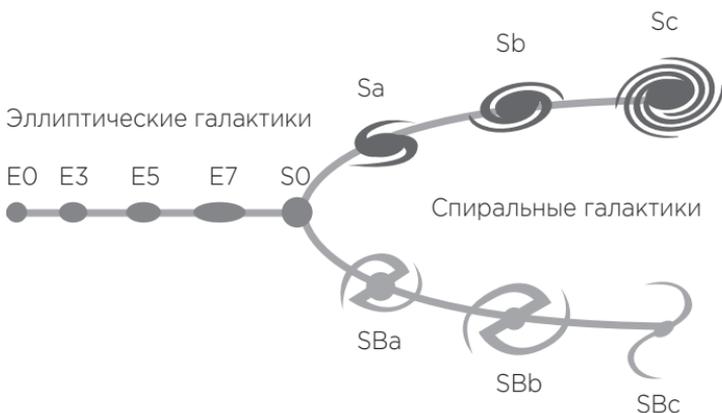


Диаграмма Эдвина Хаббла, имеющая форму камертона, показывает разные типы галактик: эллиптические (E), линзообразные (S0) и спиральные (S)

Хаббл изначально распределил эти галактики в диаграмме, построенной наподобие камертона. Многие люди ошибочно полагали, что эта диаграмма характеризует суть и направление эволюции галактик, которые начались от округлых, эллиптических по форме галактик, вращавшихся все быстрее и быстрее, до тех пор, пока они не уплотнились,

приобретя линзообразную форму, и пока у них не начали развиваться спиральные рукава. Однако сам Хаббл не предполагал такого хода событий, и на сегодня мы убедились в том, что галактики не развиваются в этом направлении. Тем не менее камертон остается полезным инструментом классификации галактик.

Эллиптические галактики обозначаются буквами E, за которыми следуют числа от 0 до 7. Чем больше число, тем сильнее вытянута эллиптическая по форме галактика. Обозначение линзообразных галактик соответствует S0. Спиральные галактики без рукава соответствуют одному из обозначений Sa, Sb или Sc, так что по мере продвижения по алфавиту спиральные рукава становятся менее плотно замотанными. Иногда галактика занимает промежуточное положение между двумя группами — например, Sbc. Остановленные спирали — это SBa, SBb и SBc.

КАТАЛОГ МЕССЬЕ

Пройдясь биноклем или телескопом по ночному небу, мы можем увидеть множество неясных облачных пятен. Некоторые из них являются звездными скоплениями или туманностями нашей собственной галактики. Другие представляют собой далекие галактики наподобие Андромеды.

Французский астроном Шарль Мессье составил каталог этих космических объектов еще в восемнадцатом столетии. Будучи охотником за

кометами, он намеревался задокументировать все, что по ошибке может быть принято за комету. Все объекты в каталоге обозначались как M1, M2, M3 и т. д.

Многие зрелищные объекты, с которыми мы столкнулись сегодня, находятся в реестре Мессье. Крабовидная туманность — рудимент гостевой звезды из 1054 — является M1. Андромеда и галактики Треугольника — это M31 и M33, а мы только что посетили M87. Галактика Водоворот с ее разрушительным компаньоном — это M51.

Окончательный список космических объектов у Мессье содержит 103 единицы, и последнее место в нем занимает открытое в то время скопление в созвездии Кассиопеи. Современные астрономы регулярно, на протяжении всех лет добавляли в этот список новые названия. Сегодня этот реестр дошел до M110 — карликовой галактики на орбите вокруг Андромеды.

У этой системы есть свои недостатки. Классификация галактики зависит от угла зрения, под которым мы ее наблюдаем. Старую спиральную галактику, утратившую большую часть своих рукавов, можно легко спутать с эллиптической галактикой, если мы смотрим на нее в фас. В 2011 году команда астрономов, проводивших исследования в рамках ATLAS3D, программы изучения галактик, обнаружила, что две трети местных галактик, ранее классифицированных как эллиптические, на самом деле оказались быстро вращающимися дисками.

АКТИВНОЕ ЯДРО ГАЛАКТИКИ (АЯГ)

Как мы уже видели ранее, центральная область галактики М87 возбуждена значительно сильнее, чем балдж нашего Млечного Пути. По этой причине астрономы дали М87 название «активной галактики», а ее центральной области — название «Активного ядра галактики» (АЯГ). Млечный Путь не является активной галактикой.

Все это так или иначе сводится к вопросу о том, сколько всего вещества и энергии поглощает сверхмассивная черная дыра в галактике. Если огромное количество вещества засасывается в черную дыру, то она формирует разрастающийся диск — по существу, большую плоскую вращающуюся очередь из вещества и материала, ожидающего того момента, когда будет втянуто внутрь дыры. По мере того как газ и пыль, спирально закручиваясь, все стремительнее втягиваются внутрь дыры, возникшее трение поднимает температуру до невероятных высот и сверхразгоряченная материя начинает светиться высокоэнергетичным ультрафиолетовым светом и рентгеновскими лучами. Центральная часть активной галактики обычно выделяет больше энергии, чем вся остальная часть галактики, вместе взятая. Некоторые из АЯГ настолько мощные, что они способны затмить тысячи галактик, подобных Млечному Пути.

АЯГ способны также вспыхивать, демонстрируя взрывной рост количества выделяемой ими энергии за короткий промежуток времени.

Предполагается, что это происходит потому, что сверхмассивная черная дыра в этот момент пожирает особенно большую порцию вещества. По длительности такой вспышки астрономы могут определить количество поглощаемого вещества. Вспышка, длящаяся неделю, вероятно, вызвана облаком шириной в одну световую неделю (1/52 светового года).

Примерно в одной из десяти активных галактик взаимодействия между разрастающимся диском и магнитным полем черной дыры приводят к формированию из некоторого материала симметричных струй или потоков, извергающихся из диска под прямым углом к нему. Это именно то, что происходит на М87. Однако струи вещества не выходят из недр самой черной дыры — это просто невозможно по определению. Они выплескиваются из областей самого разрастающегося диска, находящихся непосредственно за горизонтом событий черной дыры.

КВАЗАРЫ И БЛАЗАРЫ

Наиболее мощные АЯГ могут быть видны на огромном расстоянии от них из всех точек Вселенной. На первый взгляд они кажутся звездами, однако измерения показали, что они часто находятся на расстоянии миллиардов световых лет. Ни одна из обычных звезд не может оставаться достаточно яркой,

чтобы быть видимой с такого огромного расстояния, поэтому они были определены как «квазизвездные объекты». Это определение позже было сокращено до просто «квазаров».

Астрономы называют АЯГ в зависимости от угла, под которыми мы их наблюдаем. Если случается так, что мы смотрим на какую-нибудь струю прямо сверху вниз, она будет называться блазаром.

Поскольку эти струи очень узкие, блазары представляют собой очень компактные объекты. Кроме того, они очень переменчивы, так как сила АЯГ-струи зависит от того, сколько газов потребляет черная дыра, расположенная в центре.



Астрономы называют АЯГ квазарами или блазарами в зависимости от угла зрения, под которым мы их наблюдаем

Вглядываться в далекие космические объекты, такие как квазары или блазары, означает смотреть в прошлое. Вообразите, что вы получаете почтовую открытку от друга, который пишет о каком-то празднике. Когда вы читаете это, вы не задумываетесь о том, что они делают в этот момент, — вы пытаетесь понять, что они собирались делать, когда писали все это несколько дней назад. Для того чтобы сообщение дошло до вас, потребовалось время, следовательно, открытка принесла вам новости о прошлом, об уже совершившемся, не о настоящем. То же самое происходит со светом и космическим пространством.

Когда мы наблюдаем какой-либо объект, находящийся на расстоянии в миллиарды световых лет от нас, мы осознаем, что этому свету потребовались миллиарды лет для того, чтобы достичь Земли. Следовательно, в этом случае мы видим образ Вселенной, каким он был в прошлом, миллиарды лет назад. Астрономы установили, что большая часть квазаров и блазаров обнаруживается на огромных расстояниях от Земли, из чего можно заключить, что на ранней стадии Вселенной они были более распространены, чем сейчас.

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Есть множество имен, с которыми ассоциируется астрономия XX века, но имени Весто Слайфера среди них нет. История каким-то образом прошла

мимо него, в то время как его вклад в наше понимание Вселенной трудно переоценить: в 1912 году он стал первым человеком, измерившим красное смещение галактики.

Мы уже встречались с идеей красного и фиолетового смещений ранее, когда обсуждали метод радиальной скорости при исследовании экзопланет. Если источник света удаляется от вас, его световые волны будут удлиняться и их спектральные линии — аналоги черных штрихкодов — будут смещаться в направлении красного конца спектра цветов. Спектральные линии приближающихся объектов смещены в сторону фиолетового конца. Чем сильнее смещение, тем быстрее движется объект.

УЛЬТРАГЛУБОКОЕ ПОЛЕ ХАББЛА

Космический телескоп «Хаббл» (КТХ) коренным образом изменил наше представление о Вселенной.

Одной из самых знаменитых фотографий, сделанных им, является снимок глубокого поля Хаббла. В период с 18 по 28 декабря 1995 года астрономы с помощью КТХ непрерывно вглядывались в область неба размером с песчинку, которую держат на расстоянии вытянутой руки. Фотография была заполнена тремя тысячами крапинок, пятен и клякс — одними из самых отдаленных галактик, когда-либо открытых человеком. Они находятся так далеко от нас, что большая их часть уже не существует. За 13 с небольшим миллиардов лет, которые потребовались для того, чтобы их свет добрался до нас, они исчезли.

В период с 2003 по 2004 год астрономы сделали аналогичные фотографии, получившие название ультраглубокого поля Хаббла. Оценки, сделанные на ее основании, позволяют предполагать, что в доступной нашему обзору Вселенной присутствует 2 триллиона галактик. В каждой из них имеются сотни миллиардов звезд, а это значит, что во Вселенной больше звезд, чем количество сердцебиений, которые отмечались на протяжении всей человеческой истории. Если учесть, что на каждого представителя Homo Sapiens, когда-либо жившего на нашей планете, приходится одно сердцебиение в секунду, — то это все равно в тысячу раз меньше, чем число звезд во Вселенной.

Сайфер был первым из астрономов, кто тщательно проанализировал спектр галактик и обнаружил эти смещения. К 1921 году он изучил в общей сложности 41 галактику, открыв, что Андромеда и три других объекта движутся в нашу сторону (их спектры смещены в направлении фиолетового конца).

Однако большая часть его галактик демонстрировала красное смещение — все они удаляются от Млечного Пути.

Сегодня нам известно примерно о сотне галактик с фиолетовым смещением, при этом галактик с красным смещением сотни миллиардов. Это означает, что почти каждая галактика во Вселенной удаляется от Млечного Пути.

ЗАКОН ХАББЛА

Имя, которое в первую очередь ассоциируется с красным смещением галактик, принадлежит не Сайферу, а его коллеге, американскому астроному Эдвину Хабблу. Хаббл проводил измерения расстояний до галактик с использованием метода цефеид, разработанного Генриеттой Суон Ливитт, и сравнивал их с данными Сайфера по красному смещению галактик. При этом он обнаружил очень простую закономерность: чем дальше от нас галактика, тем больше ее красное смещение. Более отдаленные от нас галактики, очевидно, удаляются от нас быстрее, чем те, что находятся ближе. Хаббл опубликовал свое открытие в 1931 году.

Эта открытие стало известным как закон Хаббла (притом что бельгийский священник и астроном Жорж Леметр высказал и опубликовал аналогичную идею еще в 1929 году). Число, получившее название константы Хаббла, показывает, насколько быстро галактика движется. Современное значение константы Хаббла — обозначаемой как H_0 — составляет приблизительно 21 километр в секунду на миллион световых лет. Если галактика А находится от нас на миллион световых лет дальше, чем галактика Б, то это значит, что каждую секунду она удаляется от нас дополнительно на 21 километр.

Благодаря закону Хаббла, красное смещение превратилось в незаменимый инструмент для измерения расстояний в космосе. Все, что вам нужно, это проанализировать спектр галактики, чтобы

обнаружить его красное смещение, а затем, воспользовавшись законом Хаббла, вычислить на его основе расстояние, на котором объект находится. Самым удаленным от нас объектом из всех известных в настоящее время является объект, демонстрирующий самое большое красное смещение, — это GN-z11, находящийся на расстоянии примерно 13,4 миллиарда световых лет от нас.

РАСШИРЯЮЩАЯСЯ ВСЕЛЕННАЯ

Постулат, лежащий в основе закона Хаббла, очень прост: чем дальше находится галактика, тем быстрее, как нам кажется, она удаляется от нас. Между тем, эта кажущаяся безобидной идея имеет невероятно глубокие последствия. Получается так, что наша Вселенная расширяется.

На первый взгляд, совсем не очевидно, почему закон Хаббла подразумевает, что мы живем в расширяющейся Вселенной. Для простоты понимания, представьте себе тесто, начиненное изюмом, которое вы собираетесь поставить в духовку для выпекания. Предположим, что тесто за один час расширится, увеличившись в два раза от своей первоначальной величины. Зернышко изюма, которое изначально находилось на расстоянии одного сантиметра от вас, окажется от вас на расстоянии два сантиметра. Изюминка, сначала находящаяся в тесте с расстояния двух сантиметров от вас, в итоге

окажется на расстоянии четырех сантиметров. Изюминка, находившаяся ближе к вам, как оказывается, перемещалась на один сантиметр в час, а та, которая находилась дальше, перемещалась на два сантиметра за то же самое время. То есть, изюминка, находившаяся дальше, удалялась от нас быстрее.

Вы могли бы даже сказать, что «изюмины в расширяющемся тесте, как кажется, перемещаются на один сантиметр в час на каждый сантиметр первоначального расстояния между ними». Это ровно то, что вытекает из константы Хаббла: галактики перемещаются на 21 километр каждую секунду на каждый миллион световых лет исходного расстояния между ними. Вселенная расширяется точно так же, как расширяется тесто.

Галактики не отдаляются от нас из-за того, что они движутся в направлении от нас сквозь космическое пространство. В конце концов, изюминки тоже не перемещаются сквозь тесто. Как раз наоборот, расширяется разрыв между галактиками по мере того, как расширяется пространство между ними. Чем больше расстояние между нами и далекими галактиками, тем больше пространства для их расширения и тем быстрее, как нам будет казаться, они станут удаляться от нас.



Caput medusae

Dactylon

Andromeda

Perseus

Cassiopeia

Cepheus

Virginitas minor

Ictum

DRACO

Aquila

Hercules

Ophiuchus

Corona borealis

Anguis

Bootes

Virginitas maior

Eridanum

Pisces

Aquila

БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ

ЗАРОЖДЕНИЕ ИДЕИ

Хаббл показал, что Вселенная расширяется. Между тем, Вселенная, сегодня расширяющаяся, вчера была меньше, поэтому естественно предположить, что в далеком прошлом она должна была быть очень маленькой. Это предположение полностью согласуется с более ранними работами Александра Фридмана и Жоржа Леметра, выполненными в 1920-х годах. Для подтверждения идеи о том, что со временем Вселенная расширялась, начиная с первоначального компактного состояния, они обратились к уравнениям общей теории относительности Эйнштейна.

Используя скорость, с которой Вселенная увеличивается, — константу Хаббла — мы можем произвести обратные вычисления и узнать, когда это расширение началось. Согласно современным

данным, это произошло 13,8 миллиарда лет назад. Проследив процесс расширения в обратном направлении, можно было бы увидеть, как все становится ближе и ближе друг к другу. Если вы следуете общей теории относительности буквально, то все пространство(-время) заканчивается концентрацией в сингулярности — в той же самой бесконечно малой, бесконечно плотной точке, которая была предсказана этой теорией и находится в центре черной дыры. Идеи и пространства, и времени полностью разрушаются в этой сингулярности.

Все эти гипотезы дают основание предполагать, что пространство и время начали свое существование около 13,8 миллиарда лет назад, когда невообразимо маленькая горячая точка взорвалась, расширяясь наружу. Это событие астрономы назвали Большим взрывом. С тех пор возникшая в тот момент Вселенная непрерывно расширяется.

СТАЦИОНАРНАЯ МОДЕЛЬ ВСЕЛЕННОЙ

Термин «Большой взрыв» впервые использовал английский астроном Фред Хойл во время интервью на радио BBC в 1949 году. Он был главным оппонентом и критиком идеи Большого взрыва, предпочитая вместо нее стационарную модель — идею того, что Вселенная существовала всегда и по большей части в современном ее виде. Полностью противо-

реча идее Большого взрыва, модель стационарной Вселенной утверждает, что время и пространство не имеют ни начала, ни конца. Основы этой теории сформулированы в 1948 году Хойлом, Германом Бонди и Томасом Голдом.

Ученые находились в поисках альтернативного сценария, так как в теории Большого взрыва существовала большая проблема: согласно ей Вселенная была моложе, чем Земля. Астрономы чрезмерно преувеличили константу Хаббла — меру того, насколько быстро расширяется Вселенная, — так как они не имели возможности точно измерить расстояние до галактик. Полагая, что Вселенная расширяется значительно быстрее, чем это было на самом деле, они чрезмерно недооценили ее возраст. Первоначальная оценка по данным Хаббла составляла 2 миллиарда лет. Но геологи уже обнаружили каменные породы, возраст которых равнялся 3 миллиардам лет.

Стационарная модель объясняет наблюдаемое расширение Вселенной тем, что по мере ее расширения создается новое вещество для того, чтобы заполнить возникающие просветы. Если это соответствует действительности, тогда общая плотность всей Вселенной должна оставаться стабильной на протяжении всего времени. Следовательно, наряду со старыми будут появляться и все новые звезды и галактики. Стационарная вселенная, где друг рядом с другом соседствует множество звезд и галактик, должна представлять собой смешение разных возрастов.

Таким образом, в 1940-х годах, ровно так же, как это уже было не раз в истории науки, наблюдалось противостояние двух взаимоисключающих теорий. Единственным способом разрешения спора между ними была попытка предсказать, какой окажется Вселенная в случае, если та или иная теория окажется верной. Так что вам и карты в руки: выходите и ищите то, что вы обещали найти, а если не найдете, то это будет за ваш счет.

ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

У стационарной модели нет необходимости объяснять, каким образом Вселенная достигла того состояния, в котором она находится в настоящий момент. Она всегда находилась именно в этом состоянии. Трудности теории Большого взрыва состоят в том, что она заявляет не только то, что какой-то момент времени был началом пространства и времени, но и то, что Вселенная в начале своего движения к нынешнему состоянию была фундаментально другой. Если вы хотите убедить нас в том, что теория Большого взрыва должна быть признана верной, вам необходимо объяснить, каким образом, начав с крошечной горячей точки, мы пришли к огромной вселенной, заполненной мириадами звезд и галактик.

Если сегодняшняя Вселенная когда-то была меньше атома, тогда температуры в ней должны были быть невероятно высокими — до 10 милли-

ардов градусов по Цельсию всего через секунду после Большого взрыва. Астрономы могут воспользоваться тем, что мы знаем об элементарных частицах сегодня и что могут сказать физики о том, что произошло бы при таких экстремальных условиях. Именно это пытаются сделать ускорители элементарных частиц, такие как Большой адронный коллайдер — воссоздать среду, возникшую сразу после Большого взрыва.

Первоначальная младенческая Вселенная была заполнена только энергией. Однако в первую секунду ее существования температуры были достаточно высоки, чтобы некоторая часть этой энергии превратилась в вещество. Разные формы протонов, нейтронов и электронов стали строительными блоками атомов. Между тем, сразу после продолжавшегося всего секунду расширения, Вселенная немного охладилась, поэтому новые частицы уже не могли образовываться прежним путем.

Тогда часть протонов и нейтронов стали соединяться друг с другом, образуя частицы, называемые дейтронами (форма ядра водорода). Когда Вселенная достигла возраста в три минуты, она была достаточно горячей, чтобы начались процессы слияния ядер, но при этом достаточно холодной, чтобы образовавшиеся частицы не были разорваны на части. Некоторые дейтроны и протоны вступали в реакцию друг с другом, образуя ядра атомов гелия — таким образом, здесь протекал тот же процесс, который мы наблюдаем в центре Солнца и в результате которого водород превращается в гелий. Астрономы

назвали этот процесс нуклеосинтезом, или ядерным синтезом.

К тому времени, когда Вселенной исполнилось 20 минут, она охладилась еще больше, и процессы слияния элементарных частицы остановились. Произведенные расчеты дают основание предполагать, что четверть водорода всей Вселенной могла превратиться в гелий за 17 минут этого взрывного слияния частиц.

Фундаментальные предположения и предвидения теории Большого взрыва состоят в следующем. Когда процессы слияния частиц прекратились, новых путей изменения того, из чего Вселенная состояла, еще не существовало. По крайней мере до того времени, пока через миллионы лет не появились звезды и не создали основу для более тяжелых элементов. Таким образом, космос сегодня должен в основном состоять на 75% из водорода и на 25% — из гелия. Именно это астрономы находят, когда они смотрят на сегодняшнюю Вселенную — да здравствует теория Большого взрыва.

КУДА ДЕЛАСЬ ВСЯ АНТИМАТЕРИЯ?

Процесс преобразования энергии в частицы называется процессом образования электрон-позитронной пары. Из его названия следует, что в результате этого процесса всегда образуется две частицы — одно вещество и одно антивещество. Частицы антивещес-

тва являются зеркальными отражениями обычных частиц. Они обладают всеми те же свойствами, что и частицы вещества, но имеют противоположный электрический заряд. Например, позитрон — это античастица отрицательно заряженного электрона.

Пары частица-античастица могут образовываться до тех пор, пока энергия достаточно высока, чтобы компенсировать массы обеих частиц (согласно знаменитому уравнению Эйнштейна $E = mc^2$). Именно по этой причине теория Большого взрыва предполагает остановку производства пар в тот момент, когда Вселенной исполнилось всего одна секунда. Будучи все еще исключительно горячей, она все же охладилась настолько существенно, что доступная энергия уже не могла компенсировать образование массы новых пар частица-античастица.

Процессом, противоположным образованию пар частиц, является процесс аннигиляции, при котором частицы и их античастицы сталкиваются и превращаются обратно в энергию. Поскольку продукция пары должна создавать равное количество вещества и антивещества, за 13,8 миллиарда лет с момента Большого взрыва все вещество должно было аннигилироваться с антивеществом, оставив Вселенную, вновь заполненную только энергией.

Но этого не произошло. Сегодня во Вселенной имеется непомерное количество вещества — это и звезды, и планеты, и люди, и много чего еще. Астрономы убеждены, что на каждый миллиард образованных изначально частиц антивещества возникли миллиард плюс одна частица вещества. Все,

что вы видите вокруг себя, возникло из крошечного излишка частиц вещества, которые не подверглись процессу аннигиляции. Почему во Вселенной произошло это небольшое отклонение соотношения вещества и антивещества, остается одной из самых больших загадок в физике.

РЕКОМБИНАЦИЯ

Согласно теории Большого взрыва, процесс слияния частиц приостановился после того, как 25% всего водорода во Вселенной превратилось в гелий. К этому моменту Вселенная просуществовала всего 20 минут. Но затем ничего существенного не происходило в течение очень долгого времени: 380 тысяч лет. Вселенная представляла собой море энергии, электронов, протонов (ядер водорода) и гелия, которое продолжало расширяться и охлаждаться.

Как мы уже видели в главе 5, смотреть на объекты, находящиеся в далекой Вселенной, — это все равно что смотреть в прошлое. Но когда мы пытаемся, оглянувшись назад, увидеть то, что находится на расстоянии, эквивалентном первым 380 тысячам лет Вселенной, наш взгляд не способен достичь цели. В те времена море частиц было настолько плотным, что никакой свет просто не мог излучаться. Это как смотреть сквозь густой туман.

Вместе с тем, согласно теории Большого взрыва, Вселенная в конце концов расширилась и ох-

ладилась до такой степени, что протоны и ядра гелия уже могли захватывать пролетающие мимо электроны и впервые могли образовывать атомы. Все это привело к высвобождению значительного пространства и неожиданно позволило свету вырваться наружу. Физики называют это событие рекомбинацией. Однако это имя малоподходящее, потому что электроны и ядра никогда до этого не объединялись.

Если Большой взрыв все-таки является реальным фактом истории Вселенной, свет, высвободившийся в момент рекомбинации, должен был залить все пространство Вселенной. За последние 13,8 миллиарда лет он, несомненно, потерял большое количество своей энергии, тем не менее продолжал оставаться там. Наличие этого реликтового излучения является ключевым предвидением и следствием теории Большого взрыва, потому что этого излучения просто не было бы, если бы наша Вселенная соответствовала стационарной модели. Поэтому решение вопроса о том, существует ли такое излучение стал ключевым моментом, определяющим выбор между двумя альтернативными теориями.

РЕЛИКТОВОЕ МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

В 1964 году американские астрономы Арно Пензиас и Роберт Уилсон работали с рупорной антенной в Холмделе в Нью-Джерси. Эта антенна была пред-

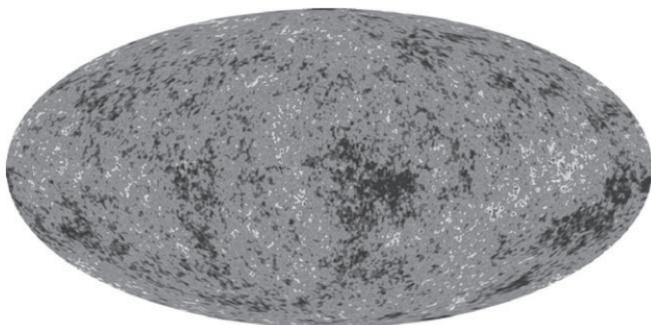
назначена для приема радиоволн, отраженных от ряда самых первых спутников связи, которые должны быть запущены в космос. Поступающие сигналы оказались невероятно слабыми, поэтому Пензиасу и Уилсону предстояло настроить антенну таким образом, чтобы устранить любые более громкие фоновые шумы, включая и трансляции местных радиостанций.

Но несмотря на то, что они устранили все посторонние сигналы, о которых могли подумать, антенна продолжала улавливать какие-то тихие шумы. Они поступали из всех концов космического пространства и были слышны 24 часа в сутки. Сначала они подумали, что это всего лишь приветы от голубей, устроившихся на рупоре. Они назвали их «белым диэлектрическим материалом». Голубей прогнали, а последствия их проделок были тщательно отмыты, но шум никуда не делся.

Тем временем ниже по дороге, в Принстонском университете, команда под руководством Роберта Дикке занималась поиском реликтового излучения, которое, как было предсказано, осталось после рекомбинации, произошедшей через 380 тысяч лет после Большого взрыва. Услышав о радиошумах, зафиксированных Пензиасом и Уилсоном, Дикке произнес ставшие знаменитыми слова: «Парни, нас опередили». Сегодня мы называем это излучение реликтовым микроволновым излучением (РМИ). Его обнаружили совершенно случайно, но это был удар, от которого стационарная модель так и не оправилась. РМИ стало неопровержимым, просто же-

лезобетонным доказательством того, что Вселенная началась с маленькой горячей точки.

Ко времени высвобождения РМИ в результате расширения, Вселенная охладилась примерно до 3000 К (2727 градусов по Цельсию). Это равно температуре на поверхности красной карликовой звезды, и отсюда следует, что первоначальный свет, высвобожденный в результате рекомбинации, вероятно, имел красноватый оттенок. Между тем, расширение Вселенной, продолжавшееся более 13 миллиардов лет, привело к удлинению этого света, из-за чего длина волны изменилась до уровня, недоступного человеческому глазу. Поэтому сегодня мы улавливаем его в микроволновой и радиоволной части спектра. Его температура в настоящее время составляет всего 2,7 К (-270 градусов по Цельсию).



Факт существования РМИ является неопровержимым доказательством того, что Вселенная началась с маленькой горячей точки

Для того чтобы уловить послесвечение Большого взрыва, вам не нужна массивная рупорная

антенна. Переключая каналы на старом аналоге телевизоре, вы слышите шипение и видите скачущие черные и белые полосы. Точно так же можно услышать треск и хруст при переходе между станциями на аналоговом радиоприемнике. Один процент от этих помех связан с РМИ. Вы ловите самый старый свет во Вселенной, эхо Большого взрыва, смещенное к более низким частотам в результате ее расширения.

КВАЗАРЫ

За год до открытия реликтового микроволнового излучения Мартен Шмидт обнаружил первый квазар. Эти космические объекты представляют собой экстремально яркие ядра галактик. С того времени астрономы обнаружили в общей сложности более 200 тысяч квазаров. Почти все они, по-видимому, находятся очень далеко от Земли.

Факт того, что ранняя Вселенная включала в себя множество квазаров, тогда как в местной (современной) Вселенной их не так много, может означать одно: космос со временем эволюционировал. А это значит, что Вселенная не может находиться в стационарном состоянии. Мы также не обнаружили ни одной звезды, возраст которой превышает 13,8 миллиарда лет — времени, когда предположительно произошел Большой взрыв. Таким образом, квазары представляют собой один

из четырех столпов, на которых держится теория Большого взрыва.

Четыре столпа теории Большого взрыва:

- расширение Вселенной;
- нуклеосинтез, или ядерный синтез (75% водорода / 25% гелия);
- реликтовое микроволновое излучение;
- распределение квазаров.

ГДЕ НАХОДИТСЯ ЦЕНТР ВСЕЛЕННОЙ?

Это действительно самый распространенный вопрос. Люди часто думают, что мы должны находиться в центре, потому что мы видим, как Галактика удаляется от нас во все стороны. Но люди в любой другой галактике сказали бы то же самое. Ранее мы сравнивали галактики с изюминками в расширяющемся тесте. Поставьте себя на место любой изюминки, и вы увидите, как все остальные изюминки удаляются от вас. Но они не могут все без исключения одновременно находиться в центре.

Астрономов часто просят показать то место, где произошел Большой взрыв, но это просто невозможно. Вероятно, из-за того, что Большой взрыв часто сравнивают с обычным взрывом, люди воображают, что это детонировала именно бомба. Если бомба взрывается в комнате, можно будет использовать осколки для того, чтобы определить, где именно в комнате она детонировала. Разница состоит в том, что в результате Большого взрыва образовалось космическое пространство. Представьте, что взорвавшаяся бомба создала

комнату, а затем задайте вопрос, где в комнате она взорвалась.

Возьмите любую точку во Вселенной и представьте себе, где она находилась во время большого взрыва. Она была частью этого взрыва. Вот почему астрономы говорят, что Большой взрыв произошел одновременно и везде.

ПРОБЛЕМЫ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

На сегодня теория Большого взрыва бесспорно лучшая из всех, которая у нас имеется для объяснения того, как и из чего произошла Вселенная. Все указывает на то, что она началась с маленькой горячей точки. И все же эта теория не лишена некоторых затруднений, которые невозможно обойти.

КАК МОЖЕТ ЧТО-ТО ПРОИЗОЙТИ ИЗ НИЧЕГО?

Согласно первоначальной версии теории Большого взрыва, Вселенная начинается как сингулярность — бесконечно малая, бесконечно плотная точка, существование которой предусматривалось общей теорией относительности Эйнштейна. Это было в буквальном смысле этого слова ничто. Но как из ничего может возникнуть что-то?

Пожалуй, данная сингулярность не является реальным свойством Вселенной. Скорее, это яркий, неоновый указатель того, что мы не вполне корректно понимаем физику. Как мы уже видели в главе 4, физики пытаются объединить революционную теорию Эйнштейна с квантовой физикой для создания более завершенной Теории всего.

Мы уже знаем, что в квантовом мире нечто вполне может возникнуть из ничего. Даже в абсолютном вакууме энергия может превратиться в пару частиц, которые затем мгновенно исчезают. Физики называют их виртуальными частицами. Эти же самые частицы участвуют в излучении Хокинга из черных дыр. Теория всего могла бы показать нам, что структура пространства-времени Эйнштейна не является непрерывной, а образована из серий пузырьков. Если это так, то эти пузырьки могли возникнуть и исчезнуть точно так же, как виртуальные частицы.

В таком случае существует вероятность, что наша Вселенная не возникла из ничего, а появилась из крошечного пузырька в пространстве-времени.

Почти из сингулярности, но не совсем. Однако нам необходимо получить объяснение, почему наш пузырек расширялся, вместо того чтобы просто исчезнуть.

В первоначальной версии теории Большого взрыва нет ничего такого, что помогло бы нам объяснить это затруднение.

ЧТО ПРОИСХОДИЛО ДО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА?

Этот вопрос напрямую связан с предыдущим вопросом — как что-то может возникнуть из ничего? Первоначальная версия теории Большого взрыва говорит о том, что время было запущено вместе со взрывом сингулярности. Ровно так же, как нет ничего севернее Северного полюса, не было ничего до самой ранней точки отсчета времени.

Такой ответ не удовлетворяет большинство людей, особенно если рассматривать обычные причинно-следственные связи. Предположим, вы роняете книгу. Ее удар о пол (следствие) случится после того, как вы позволили ей это сделать (причина). Нам хорошо знакома идея того, что, если вы видели только то, как книга ударяется о пол, вы имеете право полагать, что несколько ранее кто-то уронил ее.

Если Большой взрыв был следствием, тогда что было причиной? Если следствие создало время, тогда как может существовать априорная причина? В рамках первоначальной модели Большого взрыва рассуждения о времени до Большого взрыва просто лишены смысла.

МАГНИТНЫЕ МОНОПОЛИ

В рамках первоначальной теории Большого взрыва ранняя Вселенная могла быть достаточно горячей,

чтобы создавать магнитные монополи — гипотетические частицы, обладающие только одним магнитным полюсом. Однако физикам ни разу не встречались никакие магнитные монополи ни в одной части Вселенной.

КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУР В РЕЛИКТОВОМ МИКРОВОЛНОВОМ ИЗЛУЧЕНИИ

Когда в результате рекомбинации высвобождался свет, который мы сейчас рассматриваем как реликтовое микроволновое излучение, температура Вселенной равнялась около 3000 К (2727 градусам по Цельсию). Но сегодня излучение, которое мы улавливаем от РМИ, соответствует температуре, равной всего 2,7 К, так как Вселенная значительно расширилась.

С помощью спутников, таких как WMAP или «Планк», астрономы получили подробные карты реликтового микроволнового излучения и обнаружили незначительные отклонения температур всего на одну миллионную часть.

Некоторые части РМИ очень незначительно горячее или холоднее остальных. Это указывает на то, что некоторые области ранней Вселенной были незначительно горячее или холоднее, когда высвобождалось РМИ.

Такое распределение температур было бы объяснимо, если бы в ранней Вселенной вещество

было распределено неравномерно. Несколько более плотные области были бы горячее, а менее плотные — холоднее. Эта картина соответствует и современной структуре Вселенной, где гигантские сверхскопления галактик окружены масштабными космическими пустотами. Менее плотные области были растянуты, как следствие расширения, с образованием пустот, а гравитация более плотных зон притягивала дополнительный материал, образуя скопления. Однако первоначальная модель Большого взрыва не дает объяснения происхождению мельчайших вариаций в распределении вещества в ранней Вселенной.

ПРОБЛЕМА ГОРИЗОНТА

Незначительные колебания температур в реликтовом микроволновом излучении происходят невероятно гладко. Каким образом фоновая температура остается одной и той же во всем пространстве доступной обзору Вселенной?

Если вы зимой откроете окно, все тепло уйдет наружу и в комнате станет так же холодно, как и на улице. Физик в этом случае скажет, что два места в итоге достигли термального, или температурного, равновесия. Но для того, чтобы оно было достигнуто, требуется время. Как и все во всей Вселенной, максимальная скорость, с которой может происходить обмен чем-либо между двумя пунктами в про-

странстве, является скорость света. Этот вопрос не представляет какой-нибудь проблемы в вашем доме, но все меняется, когда речь идет о космическом пространстве.

Давайте представим клочок неба, находящийся по одну сторону от вас на расстоянии в 10 миллиардов световых лет, и затем другой клочок неба, находящийся на том же расстоянии, но в противоположной стороне. Таким образом, расстояние между ними составит 20 миллиардов световых лет. Самой Вселенной исполнилось всего 13,8 миллиарда лет, тогда откуда эти два региона космического пространства нашли время, чтобы достичь термального равновесия?

Можно было бы сказать, что в прошлом они находились ближе друг к другу, но они никогда не располагались по отношению друг к другу достаточно близко. На основе теории Большого взрыва можно рассчитать, как быстро расширялась Вселенная, начиная с момента ее зарождения. Учитывая то расстояние, на котором они находятся сегодня по отношению друг к другу, эти два пункта космического пространства никогда не смогли бы оказаться на достаточно близком расстоянии друг от друга, чтобы достичь термального равновесия. У света никогда не было возможности пройти от одного пункта до другого — каждый из них всегда находился за горизонтом другого. Это проблема горизонта представляет собой одно из самых больших затруднений первоначальной версии Большого взрыва.

ПРОБЛЕМА ПЛОСКОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Поверхность Земли выпуклая, но для того, чтобы эта выпуклость стала заметной и очевидной, вам нужно увидеть или пройти по ней определенное расстояние. Представьте себе, что вы привязаны к одному и тому же месту и можете видеть только ограниченную область пространства диаметром десять метров вокруг себя. Вы решите, что Земля плоская, даже если это не так.

Эта ситуация аналогична тому, что мы испытываем по отношению к Вселенной. В настоящее время мы ограничены пространством Солнечной системы и полностью полагаемся на свет, который доносит до нас подробности о том, что находится дальше за ее пределами. Однако у нас есть возможность видеть объекты, только если у этого света было достаточно времени, чтобы дойти до нас. Вселенная вначале расширялась настолько стремительно, что некоторые ее области мы никогда уже не увидим. Поэтому необходимо делать различие между Вселенной (все сущее) и Вселенной, доступной нашему обзору (видимой нам Вселенной).

Измерения видимой нам области Вселенной говорят о том, что космическое пространство в ее пределах плоское — в целом оно не имеет заметных искривлений. В отношении этого феномена существуют два возможных объяснения. Во-первых, предполагается, что расширяющаяся Вселенная растянула пространство космоса настолько, что ее небольшая часть, видимая для нас, кажется

плоской, даже если более широкая Вселенная искривлена. Это аналогично тому, что десятиметровое пространство вашей комнаты смотрится как плоское, тогда как поверхность нашей планеты на самом деле изогнута. Между тем, согласно первоначальной версии Большого взрыва, Вселенная не расширилась настолько, чтобы это могло случиться. Отсюда можно заключить, что история Большого взрыва либо еще не закончилась, либо вся Вселенная — и та ее часть, которую мы можем видеть, и та, которую не можем, — плоская. Астрономы рассчитали, что вероятность того, что такое вообще возможно, равна приблизительно одному на сотни триллионов триллионов триллионов триллионов.

ПРОБЛЕМА ТОЧНОЙ НАСТРОЙКИ

То, что наша Вселенная плоская — не единственная вещь, которая представляется в высшей степени маловероятной. Представьте, что в нашей Вселенной имеется гигантская панель управления с множеством кнопок, ручек и шкал. Каждый из них управляет каким-либо одним параметром Вселенной. Это может быть скорость света, масса электрона или сила гравитации. Если вы измените хотя бы один из этих параметров — даже на несколько процентов — наша Вселенная оказалась бы совершенно другой.

Возьмем силу гравитации. Если бы она была больше, вещество в центре звезд разрушалось бы значительно сильнее. Процесс слияния веществ в звездах протекал бы куда стремительнее, и их жизнь длилась бы месяцы и годы, а не миллиарды лет, как это происходит сейчас. В этих условиях у жизни на Земле не было бы шанса возникнуть. Измените шкалу на достаточную величину, и звезды не образуются вовсе.

Если бы гравитация была значительно сильнее, она могла бы развернуть первоначальное расширение Вселенной в обратном направлении и вызвать всеобщий коллапс, вернув все в исходное состояние «Большого хруста» до того, как первые звезды вообще зажглись.

Если все эти настройки носят случайный характер и могли принять значения, варьирующиеся в самых широких пределах, тогда каким образом все настройки оказались ровно такими, какие необходимы для того, чтобы возникла Вселенная, полная звезд, планет и людей? Результатом большинства других гипотетических настроек стало бы появление пустой Вселенной или вообще ничто. Существует несколько ответов на проблему точной настройки. Во-первых, это могла быть просто удача — невероятные вещи иногда случаются. Во-вторых, это могло быть деянием некоего всемогущего существа, которое все тщательно предусмотрело. Однако ни одно из этих предположений не может считаться удовлетворительным, так как их нельзя проверить.

Однако третий вариант — идея под названием инфляция — потенциально способен объяснить не только проблему точной настройки, но и все другие проблемы, связанные с Большим взрывом.

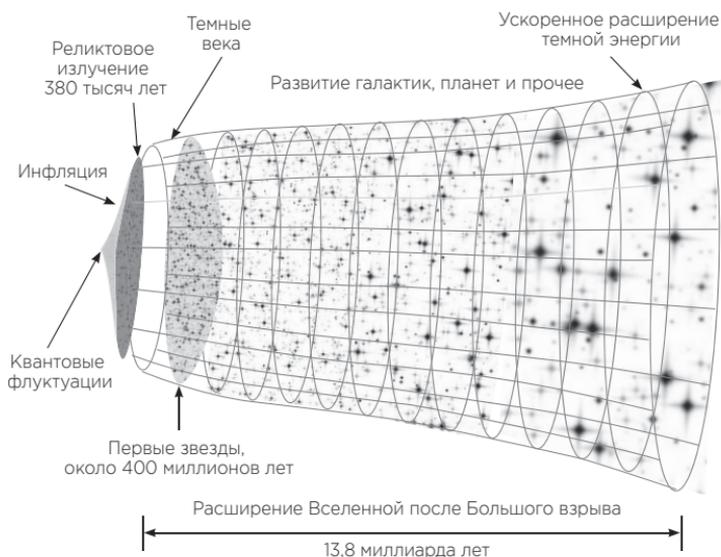
УСТРАНЕНИЕ ПРОБЛЕМ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

К концу 1970-х годов многие из этих проблем с Большим взрывом стали очевидными. Было ясно, что определенного рода Большой взрыв все-таки имел место, так как трудно было просто игнорировать такие очевидные свидетельства, как реликтовое микроволновое излучение, ядерный синтез и квазары. Однако в чем-то надо было уступить.

Начиная с 1979 года и вплоть до начала 1980-х годов физики Алан Гут, Андрей Линде и Пол Стейнхардт занимались поисками способа совсем незначительно изменить идею Большого взрыва, чтобы все ее достоинства оставались бы незатронутыми. Их концепция получила название инфляции, и ее предпосылки невероятно просты: на своих ранних этапах Вселенная испытала период расширения, значительно более стремительного, чем все то, что происходило с ней позже.

Это можно представить, как расширение, предсказанное Хабблом, но только как если бы оно проходило под действием стероидов. В первую триллионную часть триллионной части триллионной

части секунды Вселенная прошла от значительно меньшего, чем атом, размера до размера грейпфрута. Может показаться, что это не так уж много, но это соответствует фактору масштабирования, равному единице с семьюдесятью восьмью нулями. Если вы промасштабируете размер красной кровяной клетки на эту величину, то вы получите нечто в триллион триллионов триллионов раз более широкое, чем видимая часть Вселенной.



Наша лучшая иллюстрация истории Вселенной, с первоначального периода инфляции и до сегодняшней эры доминирования темной энергии

Если мы будем брать каждую из проблем Большого взрыва по очереди, мы сможем увидеть, как добавление раннего инфляционного периода стремительного расширения способно помочь их решению.

КАК ЧТО-ТО МОЖЕТ ВОЗНИКНУТЬ
ИЗ НИЧЕГО?

Когда ранее мы рассматривали этот вопрос, мы говорили, что, возможно, Вселенная произошла не из ничего, а из квантового пузырька в пространстве-времени. Однако нам было необходимо объяснить, почему этот пузырек снова не исчез. Согласно теории инфляции, пузырек мог выжить, если он подвергся периоду стремительного расширения, аналогичному инфляции.

ЧТО ПРОИСХОДИЛО ДО БОЛЬШОГО
ВЗРЫВА?

Наше понимание Большого взрыва вытекает из рассмотрения той скорости, с которой космическое пространство расширяется в настоящее время, затем мы идем в обратном направлении, возвращаясь к точке, с которой началось расширение. Строго говоря, это расширение — в той его части, которое подчиняется закону Хаббла, — началось только после того, как инфляция завершилась. Таким образом, инфляция — это и есть то, что происходило до Большого взрыва. Многие теоретики утверждают, что нет никакой необходимости в сингулярности до инфляции, особенно, если действительно существует теория всего. Независимо от того, что было в этой области до того, как она подверглась инфляции

и образовалась Вселенная, вполне возможно, оно существовало здесь вечно.

МАГНИТНЫЕ МОНОПОЛИ

Период инфляции мог бы привести к разбросу любых магнитных монополей в разные стороны на значительно большие расстояния, чем предполагала первоначальная картина Большого взрыва. К настоящему времени они должны быть так далеко разбросаны во все стороны, что неудивительно, как мы никогда не сталкивались с ними.

ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУР В РМИ

Известно, что на мельчайшем уровне всегда существуют виртуальные частицы, внезапно появляющиеся и так же внезапно исчезающие. Такие квантовые флуктуации вызывают временные изменения в количестве энергии в любой точке пространства. В течение инфляции они могли быть увеличены до астрономического масштаба, приводя к областям новой Вселенной с большим или меньшим количеством энергии, чем в среднем.

Это объясняет, почему реликтовое микроволновое излучение характеризуется незначительными вариациями температур. При сравнении ожидаемых величин квантовых флуктуаций, подвергшихся

инфляции, с величинами температурных вариаций в РМИ физики обнаруживают хорошее соответствие между ними. Как мы уже видели, эти вариации стали теми зернами, вокруг которых позже образовывались сверхскопления и сверхпустоты. Следовательно, инфляция также способна объяснить, почему структура современной Вселенной выглядит именно так.

ПРОБЛЕМА ГОРИЗОНТА

Вначале инфляция побуждала Вселенную расширяться намного быстрее, чем это предполагалось в первоначальной версии теории Большого взрыва. Это означает, что обе области пространства могли изначально находиться на значительно более близком расстоянии друг от друга, и все равно оказаться так далеко, как сейчас. Если бы все точки в космическом пространстве были значительно ближе друг к другу до наступления инфляции, они могли бы достичь термального равновесия до того, как были разбросаны во все стороны.

ПРОБЛЕМА ПЛОСКОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Одно из решений проблемы плоской Вселенной состоит в том, что вначале космическое пространство было растянуто настолько, что видимая

нам часть вселенной оказалась плоской. Даже в том случае, когда у более широкой Вселенной могут быть определенные искривления (во многом так же, как Земля могла бы казаться плоской, если смотреть на нее с небольшой части ее поверхности).

Проблема в том, что, как мы уже отмечали, одного только Большого взрыва было бы недостаточно, чтобы растянуть Вселенную так сильно. Однако все станет понятнее, если предположить, что был период инфляции, вызвавший большее расширение, чем мы прежде думали. Инфляция должна была сгладить любые искривления, существовавшие в видимой части Вселенной.

ТОЧНАЯ НАСТРОЙКА И ВЕЧНАЯ ИНФЛЯЦИЯ

Остается только одна проблема — проблема точной настройки, и для ее решения была выдвинута гипотеза вечной инфляции.

Идея инфляции дает нам в руки привлекательное решение основных проблем, связанных с концепцией Большого взрыва. Вместе с тем, если вы намерены заявить, что период стремительного расширения Вселенной действительно существовал, вам необходимо дать объяснение того, почему она подверглась инфляции и как преобразовалась во Вселенную, описанную в концепции Большого взрыва.

Для поиска ответа теоретики концепции инфляции прибегли к идее существования инфляционного поля. В рамках физики поле — это пространство, в пределах которого действуют определенные силы. Например, Земля обладает гравитационным полем. Ее сила по всей поверхности Земли варьируется — она сильнее над горами и слабее ниже, в долинах. По мнению физиков, инфляционное поле также варьируется. Инфляция происходит в областях, где оно достаточно сильное, и прекращается там, где слабое. В момент прекращения инфляции энергия, запертая в инфляционном поле, конвертируется в вещество и радиацию: происходит Большой взрыв.

Однако сторонники этой концепции получили бы возможность обосновать переход энергии инфляционного поля во что-то, что в точности напоминало бы Большой взрыв, только при условии принятия идеи о том, что этот переход осуществляется не одновременно, не сразу. Тогда каждый раз при частичном переходе энергии вы получаете очередной Большой взрыв, создающий новую изолированную область космического пространства, в то время как инфляция где-то в другой области пространства продолжается. Это вечная инфляция, и она влечет за собой фундаментальные последствия.

Следствием множественности Больших взрывов является множественность вселенных. Согласно инфляционной теории, должно существовать приближающееся к бесконечности — возможно,

даже действительно бесконечное — число вселенных. В каждой из них, в зависимости от того, каким именно путем она трансформировалась из инфляционного поля в Большой взрыв, законы физики, массы частиц и величины сил, будут различными. Это эквивалентно ручкам, шкалам и кнопкам на управляющей панели каждой из вселенных, настройки которых незначительно различаются.

Если вы думаете, что ваша вселенная — единственная на свете, тогда, конечно, тот факт, что ее панель управления просто идеально настроена для вашего существования, вы скорее сочтете озадачивающим. У вас может даже возникнуть мысль о Создателе. Но если вы осознаете, что ваша вселенная — лишь одна из множества других, то в какой из них вы оказались бы?

Естественно, вы не могли появиться во вселенной, настройки которой не позволят вам существовать, в пределах которой не могут образоваться звезды и планеты. Вы можете быть только там, где всё настроено соответствующим образом. Идея вечной инфляции решает проблему точной настройки путем утверждения, что в космическом пространстве существует бесконечное инфляционное множество вселенных и в их пределах реализуется бесконечное множество самых разных вариантов настроек. Где-нибудь, в той или иной области космического пространства, так или иначе, настройки должны оказаться «правильными», и у вас нет возможности быть где-то не там.

МНОЖЕСТВЕННАЯ ВСЕЛЕННАЯ

К идее множественности вселенных нужно привыкнуть. Это настоящий калейдоскоп возможностей, где все, что может вообще случиться, где-то случается. Если множественная вселенная бесконечна, тогда каждая возможность реализуется бесконечное число раз.

Чтобы увидеть, что это действительно так, представьте себе, что вы подкидываете игральные кости шесть раз. Каковы шансы, что выпадут числа 1, 2, 3, 4, 5, 6? Ответ — 1,5%. Соответственно, в среднем эта модель выпадения чисел должна реализовываться три раза на каждые двести подкидываний кости. И чем больше вы будете кидать кости, тем большее число раз вы увидите ту же самую модель.

В точности то же самое происходит с множественной вселенной. Каждый раз, когда инфляционное поле переходит в Большой взрыв, — это очередное подкидывание игральной кости. Если будете подкидывать кости достаточное число раз, вы, скорее всего, увидите, как та же самая модель (вселенной) повторяется. Если вы будете подкидывать кости бесконечное количество раз, то повторение этой модели вам будет гарантировано.

Пройдитесь по всей этой множественной вселенной, и вы рано или поздно столкнетесь с другой вселенной, в которой все атомы построены в порядке, идентичном тому, какой наблюдается в данной вселенной. Именно каждый атом. В том числе

и атомы на моих пальцах, напечатавших эти слова, потому что атомы, мерцавшие на ночном небе, вдохновили меня на карьеру в астрономии, когда я был еще ребенком, и атомы в ваших глазах, принимающих свет, отразившийся с этой страницы. В другой части множественной вселенной вы делаете абсолютно то же самое — полностью повторяется тот же самый сценарий.

Что это говорит о выборе, который вы делаете, учитывая, что существуют миллионы других вас в миллионах других вселенных, вас, делающего точно такой же выбор? И миллионы других приблизительно-вас, делающих совершенно другой выбор? Где-то там, в других областях космического пространства, существует множество других вселенных, где вы являетесь президентом Соединенных Штатов, и еще других — где Вашингтон все еще управляется из Англии. Любимые, покинувшие мир в этой вселенной, все еще живы и благоденствуют в других. В некоторых вселенных у вас голова цыпленка или сумка кенгуру спереди. В бесконечной множественной вселенной существование каждой возможной конфигурации атомов гарантировано бесконечное количество раз.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ИНФЛЯЦИИ

Множественная вселенная, очевидно, является естественным следствием вечной инфляции, которая,

в свою очередь, помогает нам объяснить свойства и характеристики нашей Вселенной, а также продвинуться в понимании Большого взрыва. Вместе с тем в настоящее время у нас нет абсолютно никаких доказательств того, что инфляция, будь то вечная или какая-либо еще, реально существует. Фактически Пол Штейнгардт, один из отцов-основателей этой теории, отвернулся от нее. С тех пор он превратился в открытого критика идеи множественной вселенной.

Наряду с этим есть множество исследователей, убежденных в том, что возможность обнаружения доказательств инфляции все-таки существует. В действительности еще в 2014 году команда ученых вызвала настоящую сенсацию по всему миру, заявив о том, что они обнаружили некое неопровержимое доказательство. Данные поступили от BICEP2, экспериментальной лаборатории, расположенной на антарктической станции Амундсена — Скотта в районе Южного полюса. Ученые воспользовались ею для того, чтобы еще раз взглянуть на реликтовое микроволновое излучение.

Предполагалось, что расширение, протекавшее столь стремительно, как это было в случае с инфляцией, должно было посылать гравитационные волны, пробивавшиеся наружу сквозь зарождающуюся Вселенную. Может быть, наступит день, когда мы сможем уловить эти первобытные гравитационные волны, но в настоящее время, по прошествии более 13 миллиардов лет, они еще очень малы, слишком

малы для того, чтобы наши современные детекторы гравитационных волн могли их уловить. Между тем, реликтовое микроволновое излучение смогло добраться до нашего местопребывания, предложив нам снимки того, на что была похожа Вселенная в возрасте всего 380 тысяч лет. Если бы Вселенной сейчас было сорок лет, то РМИ представлял бы собой ее младенческий облик, которому десять часов от роду. Любые изначальные гравитационные волны, проходящие через космическое пространство в момент высвобождения РМИ, должны были оставить какие-то следы или отклонения в его свете. В марте 2014 года команда эксперимента BICEP2 сообщила миру о том, что они обнаружили эти искажения.

Правда, большинство астрономов сейчас согласны с тем, что этого пока не произошло. Сомнения прозвучали довольно быстро, а команда, работавшая со спутником «Планк», утверждала, что тот же самый эффект мог быть сгенерирован при прохождении света от РМИ сквозь пыль нашего собственного Млечного Пути значительно позже. Таким образом, на сегодня астрономы продолжают охоту за первыми доказательствами существования инфляции.

Фиаско команды ученых BICEP2 случилось за 18 месяцев до того, как в ходе эксперимента LIGO в сентябре 2015 года впервые были открыты гравитационные волны, возникшие при столкновении черных дыр. LIGO было недостаточно чувствительным для того, чтобы улавливать из-

начальные гравитационные волны, но теперь, когда гравитационные волны были наконец-то подтверждены, очевидно, начнется гонка по установке все более крупных и более продвинутых детекторов.

День, когда эти приборы смогут показать нам дорогу к множественной вселенной, безусловно, наступит.

ХОЛОДНОЕ ПЯТНО В РМИ

Недостаток изначальных гравитационных волн не остановил некоторых ученых, заявлявших о том, что они уже обнаружили доказательства существования других вселенных. Все они указывают на наличие необычно холодной области в РМИ.

Впервые обнаруженное со спутника WMAP в 2004 году, это пятно было снова замечено со спутника «Планк» в 2013 году. Эта область на одну 140-миллионную долю градуса холоднее, чем средняя температура РМИ, составляющая 2,7 К, что значительно выходит за пределы нормальных температурных вариаций и что слишком велико для того, чтобы объяснить это квантовыми флуктуациями, усиленными инфляцией.

Вероятно, свет из этого пятна РМИ прошел через особенно обширную сверхпустоту — область со значительно меньшим числом галактик, чем в среднем во Вселенной. Потеряв энергию при прохождении по этому пути, оно, очевидно, стало холоднее. За исключением того, что мас-

штабные исследования 7 тысяч галактик, проведенные в 2017 году, такой пустоты не обнаружили.

Согласно взглядам других астрономов, это холодное пятно является свидетельством влияния других вселенных на нашу собственную. В процессе вечной инфляции мы могли удариться о пузырьки соседней вселенной, оставив «кровоподтек» на РМИ. Эта идея продолжает оставаться в высшей степени противоречивой.

ГРАНИЦЫ ВСЕЛЕННОЙ

ОКРАИНЫ ВСЕЛЕННОЙ

Остается неясным, является ли наша Вселенная единственной в своем роде или же частью какой-то бесконечной инфляционной множественной вселенной. Если мы все-таки одни, есть ли у нашей Вселенной конец? Если же вселенных множество, где заканчивается одна и начинается другая?

Несомненно, у того, что мы можем наблюдать, есть свои окраины. Свет реликтового микроволнового излучения приходит к нам от границ видимой нам части Вселенной — это был первый свет, оказавшийся способным пройти сквозь плотный туман из частиц на ранней стадии Вселенной. Он обозначает наш космический горизонт, немного напоминающий ваш горизонт на Земле. Если вы встанете около ва-

шего дома, то сможете видеть только до этой линии. Но вы все равно знаете, что Земля не заканчивается на вашем горизонте. Точно так же астрономы не думают, что Вселенная заканчивается на нашем космическом горизонте.

Большинство моделей единичной вселенной подразумевает ее бесконечное существование и бесконечно огромное пространство без границ и края. Люди часто спрашивают: куда, в каком направлении расширяется наша Вселенная? Но если наша Вселенная единственная, тогда она по определению должна содержать в себе всё, что вообще существует.

Если есть что-то за пределами Вселенной, тогда оно должно вообще существовать и поэтому быть частью Вселенной. Мы знаем, что Вселенная расширяется не в том смысле, что галактики выдвигаются вовне, в какую-то ранее незанятую область. Наоборот, растягивается пространство между галактиками.

Если наша Вселенная является частью огромной множественной вселенной, тогда все отдельные вселенные должны быть частью какой-то более обширной структуры. Физик Лаура Мерсини-Хаутон, уверенная в том, что холодное пятно в реликтовом микроволновом излучении является вмятиной от столкновения с другой вселенной, вычислила, как далеко могла бы находиться сейчас следующая вселенная. Ее ответ: по крайней мере, в тысячу раз дальше, чем наш сегодняшний космический горизонт.

СУДЬБА ВСЕЛЕННОЙ

Какая судьба ожидает космическое пространство? Что его ждет впереди? Ответ зависит от того, сколько самых разных объектов находится в нем.

Начиная с момента Большого взрыва, наша Вселенная непрерывно расширялась, галактики разлетались во все стороны, а пространство между ними увеличивалось. Но помимо этого галактикам свойственно гравитационное тяготение, заставляющее их притягиваться друг к другу. В случае, когда во вселенной имеется достаточно вещества и темной материи, их совместная гравитация, в конце концов, превысит силы расширения и снова начнет притягивать галактики ближе друг к другу. Эта вселенная претерпит коллапс в «Большом хрусте». Но если во вселенной вещества будет недостаточно, расширение продолжится, постепенно замедляясь, но никогда не прекратится. Третья перспектива состоит в том, что во вселенной достаточно массы, чтобы так или иначе приостановить расширение, но при этом ее недостаточно для того, чтобы привести ее к коллапсу.

У всех трех сценариев есть одно общее: предполагается, что расширение Вселенной в настоящее время замедляется. В середине 1990-х годов две команды астрономов работали над проектом точного определения того, как скорость расширения Вселенной изменилась со временем.

Как мы уже видели в главе 5, вглядываться в далекие объекты означает то же самое, что

и смотреть назад во времени. Свет представляет своего рода почтовую открытку, доносящую до нас информацию из прошлого. Чем дальше от нас находится галактика, тем из более далекого прошлого к нам приходит информация вместе со светом. Проведя измерения скоростей далеких галактик, мы сможем узнать, как быстро галактика расширялась в далеком прошлом и сравнить это со скоростью ее расширения в настоящее время. Если Вселенная сейчас замедляется, это значит, что в прошлом расширение происходило стремительнее.

Вместе с тем нам необходимо точно измерить, насколько далеко галактики находятся от нас, если мы хотим узнать, какую точку в истории Вселенной они представляют. Обычные методы определения расстояния, основанные на методах параллакса и цефеид, не работают в случае столь отдаленных областей.

Две команды астрономов нуждались в новой, намного более яркой стандартной свече, называемой сверхновой типа Ia.

СВЕРХНОВАЯ ТИПА IA

Наше Солнце — необычная одиночка. Большинство звезд существуют парами, как, например, звезды-близнецы планеты Кеплер-16 b. Представьте себе ситуацию, когда одна из звезд дуэта

умирает, превращаясь в белого карлика, как это, в конце концов, случится и с нашим Солнцем. Это плотное ядро обладает мощнейшим гравитационным притяжением, поэтому начинает вырывать газ у своего компаньона. Поглощая все больше и больше вещества, белый карлик становится все тяжелее и тяжелее.

Однако есть предел тому, сколько белый карлик может поглотить. Известный сегодня как предел Чандрасекара, этот показатель был рассчитан индийским астрофизиком Субраманьяном Чандрасекаром, когда ему было всего 19 лет. В 1930 году, направляясь в Кембридж, он сначала взял лодку из индийского порта Мадрас и направился в Геную в Италии. В течение трехнедельного плавания он вычислил, что масса белого карлика никогда не может превышать величину, эквивалентную 1,4 Солнца. По мере того как белый карлик приближается к этому пределу, он становится нестабильным и резко взрывается, как злополучная сверхновая звезда. Астрономы называют эти события сверхновыми типа Ia, чтобы отличать их от взрывов, связанных с полным разрушением ядра в конце жизни большой звезды (сверхновая типа II). Они являются идеальными стандартными свечами: они не только исключительно яркие, следовательно, могут быть видны отовсюду из Вселенной, но и обладают всегда одинаковой, изначально присущей им яркостью. Каждый раз, когда взрывается одна из звезд, это происходит с затратой топлива в количестве, эквивалентном 1,4 Солнца. Фиксирован-

ное количество топлива означает и фиксированную яркость.



Сверхновая, известная как SN 1994D, взрывается в галактике NGC 4526. Обратите внимание на то, что единственный взрыв может светиться так же ярко, как возбужденное ядро всей галактики

Для того чтобы рассчитать расстояние до галактики, в которой произошел взрыв звезды, все, что вам нужно сделать, это сравнить, насколько яркой она кажется на небе, с тем, какой яркой она должна быть фактически (отношение ее видимой звездной величины к абсолютной звездной величине). Чем больше разница, тем в большей степени свет потускнел за время своего долгого путешествия к Земле.

В 1998 году две команды, работавшие над историей расширения Вселенной, опубликовали свои результаты, основанные на измерениях сверхновой

типа Ia. К крайнему удивлению всех, они обнаружили, что расширение Вселенной, как оказывается, ускоряется. В 2011 году все трое ученых, сделавшие это открытие, были награждены Нобелевской премией в области физики.

ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Создается впечатление, что после Большого взрыва скорость расширения Вселенной сначала уменьшалась, как ожидалось, но примерно 6 миллиардов лет назад она внезапно начала снова увеличиваться. Никто не видел, как это произошло, и это продолжает озадачивать.

Очевидно, здесь имеется некая сущность со все подавляющей гравитацией, которая активно отодвигает галактики, удерживая их на расстоянии друг от друга. Влияние этой загадочной сущности должно быть довольно незначительным на заре Вселенной, но по мере старения оно возрастало. Астрономы называют эту теневую антигравитацию темной энергией в том же смысле, что и невидимую темную материю, которая склеивает галактики, удерживая их вместе. Астрономы полагают, что наша Вселенная в настоящее время на 68% состоит из темной энергии и на 27% — из темной материи. Атомы, образующие обычное вещество — то, из чего состоим мы с вами, — составляют всего 5%.

Темная энергия в действительности является общим обозначением для целой категории сущностей, так как о ней мы знаем еще меньше, чем о темной материи. Самой распространенной концепцией этой сущности является нечто, называемое вакуумной энергией, и с этой концепцией мы сталкивались несколько раз до этого. Пустое пространство на самом деле никогда не бывает действительно пустым; здесь всегда присутствуют виртуальные частицы, начинающие и завершающие свое существование. Среднее количество этой вакуумной энергии в данной области космического пространства всегда остается одинаковым. На раннем этапе развития Вселенной разрыв между галактиками был незначительным, поэтому вакуумной энергии вокруг было не так много. Однако движущая сила Большого взрыва со временем расширила пространство между галактиками. Большее пространство соответствует большей вакуумной энергии. В итоге пространства оказалось так много, что отталкивающая сила вакуумной энергии преодолела затухающее гравитационное тяготение и Вселенная начала ускоряться.

Эта концепция может казаться беспроблемной и тщательно выстроенной, однако в ней имеются свои зияющие дыры. В соответствии с законами квантовой физики, количество энергии в вакууме должно быть в 10^{120} раз больше, чем мы наблюдаем. Это один со ста двадцатью нулями после него! Если бы темная энергия была всего-навсего вакуумной энергией, тогда вселенную давно разорвало бы

на части. Это еще один пример фундаментальных противоречий между квантовой физикой и общей теорией относительности. Возможно, нам придется подождать появления теории всего, прежде чем мы получим в руки инструменты понимания темной энергии.

БОЛЬШОЙ РАЗРЫВ

Если темная энергия приводит к ускорению расширения Вселенной, тогда результаты, о которых говорилось ранее, ошибочны. Зато космическое пространство будет продолжать растягиваться со всё большим ускорением. Больше пространства будет означать больше темной энергии, что будет соответствовать все большему ускорению расширения. Это порочный безудержный эффект.

И наконец, пространство между звездами растянется настолько, что преодолеет силу сцепления темной материи, и галактики разлетятся в разные стороны. Пространство между звездами и их планетами в итоге также будет увеличиваться, и Солнечная система вследствие расширения деформируется.

Гравитация — без всяких сомнений самая слабая сила, поэтому такие гравитационно-связанные системы уйдут первыми. Электромагнитные силы, связывающие электроны с ядрами атомов, последуют за ними. Расширение пространства между электро-

нами и ядрами преодолает эту силу, и атомы разлетятся во все стороны. В конце концов, даже мощная ядерная сила, удерживающая в ядре протоны и нейтроны вместе, не сможет воспрепятствовать поднимающейся волне темной энергии.

Развязка всей истории будет состоять в том, что все в этой Вселенной будет разорвано в клочья. Астрономы называют это Большим разрывом. Никаких галактик, никаких звезд, никаких планет, никаких атомов. Огромное, пустое пространство небытия. Вычисления дают основание предполагать, что наша собственная Вселенная перестанет существовать примерно через 22 миллиарда лет, начиная с сегодня.



Pegasus

Caput medusae

Andromeda

Perseus

Cetiopsia

Cepheus

Ictum

Virgo minor

Virgo maior

Aquila

Ophioglyphus

Hercules

Anguis

Corona borealis

Bootes

Erichonius

Virgo maior

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Зрелище звезд всегда заставляет
меня мечтать.*

Винсент Ван Гог (1888)

Ничто не длится вечно. То, что мы находимся здесь, посреди этой бесконечной Вселенной, которая еще существует, пытаюсь проникнуть в ее самые глубинные тайны, — это привилегия, к которой каждый из нас должен относиться с трепетом.

Человечество совершило удивительное астрономическое путешествие. Сначала мы думали, что находимся в центре всего и что Солнце, звезды подчиняются нашей воле. Затем логика и рассуждение отослали нас к обычной планете, вращающейся вокруг обычной звезды в обычной галактике, находящейся в скромном углу колоссальной Вселенной. Эта Вселенная вполне могла бы быть лишь одной из бесчисленного количества других вселенных, и в

них любые мыслимые драмы разыгрываются на разных сценах, какие только можно вообразить.

Такие открытия — сами по себе вознаграждение, тем не менее есть люди, которые задаются вопросом, почему мы озабочены исследованиями космоса. Ответ: потому что это у нас в крови. Защиту в ДНК. Наше любопытство вывело нас из Африки и отправило по всему миру, до глубин океанов и вершины горы Эверест. Мы были свидетелями восхода Земли на Луне и заката на Марсе, дошли до края видимой Вселенной. У нас есть стремление узнать, что находится где-то там, за пределами горизонта, раздвинуть границы возможного.

Существует высокая вероятность того, что люди, живущие сегодня, увидят первую миссию, отправившуюся на Марс, и это будет первый раз, когда нога человека ступит на поверхность другой планеты. Сегодняшние школьники — это марсианские колонисты завтрашнего дня, прокладывающие новые пути для человечества по всей Солнечной системе. В предстоящие десятилетия наши телескопы вполне могут обнаружить неопровержимые доказательства того, что мы не одни во Вселенной.

Для тех, кто заявляет, что одного любопытства недостаточно, чтобы оправдать эти усилия, есть более практические соображения. Пока мы остаемся видами, обитающими только на одной планете, все наши гены уложены в одну и ту же корзину, размером с Землю. И лишь попытаюсь выйти за пределы своего местообитания и устремиться в космос, мы сможем дать себе лучший шанс для выживания

в случае, если какой-нибудь астероид, летальная пандемия или ядерная война начнут угрожать нашему будущему.

В конце концов, мы пришли из космоса. Кальций в ваших костях и железо в вашей крови — все это было получено из ядра умирающей звезды и разбросано по всему космосу всемогущей сверхновой. Устремляясь в космическое пространство, мы всего лишь возвращаемся домой, и все наши усилия в астрономии и космических исследованиях подталкивают нас в направлении постоянного местопребывания человека в космическом пространстве.

И до тех пор, пока Большой разрыв не опустит занавес над нашей Вселенной, мы будем еще долго с благоговейным страхом и восхищением обращать наши взоры ввысь, к звездам.

АВТОРСКИЕ ПРАВА НА РИСУНКИ И ФОТОГРАФИИ

- Стр. 15: Снимок 1998-1999 годов аналеммы, изображенной на стекле витрины офиса Лабораторий Белла, Мюррей Хилл, Нью Джерси; статья Дж. Фисберна в Английской «Википедии».
- Стр. 22: Четки Бейли; Лук Виатур / <http://Lucnix.be>
- Стр. 97: Выброс коронального вещества, 2016, НАСА
- Стр. 129: Астронавт США Базз Олдрин; НАСА
- Стр. 151: Комета 67P; ESA / Розетта / NAVCAM
- Стр. 161: Кольца Сатурна, сфотографированные широкоугольной камерой; НАСА / JPL / Институт космических исследований
- Стр. 178: Диаграммы предсказанных орбит, созданные с помощью Всемирного телескопа; Калтех / Р. Херт (IPAC — Центр анализа данных методом инфракрасной спектроскопии)
- Стр. 208: Крабовидная туманность; НАСА / STScI / ESA
- Стр. 260: AMS — 02; НАСА
- Стр. 303: CMB; WMAP Научная команда / НАСА
- Стр. 333: Тип 1A взрыва сверхновой звезды; НАСА / ESA / Хаббл / высокая — Z команда поиска сверхновой звезды

УКАЗАТЕЛЬ

А

asteres planetai 32

S

Sgr A* 250, 251, 253, 254

А

абберация света 60, 61
абсолютная звездная величина
188
австралопитеки 274
активная галактика 283
Алан Гут 315
Алан Шепард 130
Алголь 189
Александра Фридмана 293
Альберт Эйнштейн 72, 75
Альмагест 37
Альфреда Джоя 95
Альфред Вегенер 108
аналемма 14
Андрей Линде 315
Анни Маундер 93
Антенна 276
Арно Пензиас 301
Артур Эддингтон 76, 82, 83
АЯГ 283, 284, 285

Б

белые дыры 219, 221
белые карлики 204
блуждающие звезды 32
Большой разрыв 337
Большой хруст 330
Брэдли 60, 61

В

вакуумная энергия 335
Венера 33, 35, 46, 137, 138,
139, 150, 188, 203, 228
Весто Слайфера 286
вечная инфляция 320
виртуальные частицы 307
внешняя Солнечная система
164
волны плотности 249
вспышки на солнце 94

Г

галактика Водоворот 276
Галилеевы спутники 46
гало 256, 261, 262
Гамма-лучи 211
Гарвардская спектральная
классификация 192

- гелиопауза 180, 181
 гелиоцентризм 47
 гелиоцентрическая модель Вселенной 39
 Генри Норрис Расселл 193
 гео-гелиоцентрическая модель 43
 геомагнитные бури 116
 геоцентрическая модель мира 34
 геоцентрическая модель Птолемея 36
 Герард Койпер 175
 Герман Бонди 295
 гибридная модель 41, 43
 Гипперион 163
 Гондвана 106
 горизонт событий 213
 Гравитационное микролинзирование 233, 234
 Густав Шпёрер 94
- Д**
 дейтрон 297
 деференты 36, 39
 Джеймс Кук 64
 Джеймс Джинс 201
 Джереми Хоррок 63
 Джин Сернан 130
 Джозеф Стефан 196
 Джордж Дарвин 121
 Джоселин Белл 210
 диаграмма Бабочки 94
 Диаграмма Герцшпрунга — Расселла 193
 дифференциальное вращение 91
 дни равноденствия 112
 дни солнцестояния 112
- дрейф континентов 108
 Дэвида Киппинга 241
- Е**
 Европейское космическое агентство 70
- Ж**
 Жорж Леметр 289, 293
- З**
 закона Шпёрера 94
 звезда Дьявола 189
 звездная величина 187
 звездный дождь 118
 Земля 16, 18, 19, 20, 24, 38, 39, 40, 43, 61, 62, 65, 74, 79, 101, 107, 111, 112, 113, 116, 118, 121, 122, 125, 150, 158, 162, 165, 173, 176, 191, 193, 204, 212, 228, 230, 267, 279, 295, 312, 320, 321, 329
 зодиакальный круг 30, 31
- И**
 излучение Хокинга 222
 инфляция 315
 инфляционное поле 321
 Иоганн Кеплер 48, 63
 Иоганн Галле 71
 Исаак Ньютон 51, 54, 56

Й

Йозеф фон Фраунгофер 79

К

квадранты 44

Кеннет Эджуорт 175

Клавдий Птолемей 36, 37

Клайдом Томбо 169

кольца Сатурна 160, 161

кольцевая система 154

кольцеобразная 22

коперниканская модель
вселенной 48

корональный разогрев 89

корональные дыры 90

корональные выбросы массы
94

корональный выброс массы 96

коронограф 90

космический год 247

космический телескоп Кеплер
247

Крабовидная туманность 207

красное смещение 233

красные супергиганты 194,
205

кратовые норы 219, 221

круг малых животных 30

Л

лазерный интерферометр 216

Лаура Мерсини-Хаутон 329

линии Фраунхофера 80

Лорд Кельвин 81

М

Мартен Шмидт 304

магнитные монополи 309

магнитные поля 91, 92

Малый Пёс 26

Малый ледниковый период 93

Марс 33, 35, 101, 117, 120,
121, 140, 143, 144, 145,
150, 228, 340

Маскелайн 65, 66

Математические начала нату-
ральной философии 52

Международный астрономи-
ческий союз 29

Меркурий 36, 43, 67, 150

Местная группа 277

металличность 199

метеор 117, 118

метеорит 117

метеороид 117

метод радиальной скорости
234

Мимаса 161, 163

Минимум Маундера 93

миссия Аполлон 122, 132

Миссия Кассини 162

Млекомеда 275

модель Ниццы 183, 184

МОНД 261, 263, 264

мост Эйнштейна — Розена
220

Н

нейтралино 257

Нептун 150, 151, 166, 167—
171, 175, 176, 178, 179,
183—185

Нил Армстронг 128, 129

Норман Локьер 80

О

- облако Оорта 181
- область полутени 23
- общая теория относительности
73, 83
- овалы полярных сияний 116
- О вращении небесных сфер 40

П

- падающие звезды 32, 117
- парадокс Ферми 267
- параллакс 190
- Пол Стейнхардт 315, 325
- Пегас 28
- пенумбриальное затмение 23
- Персей 28
- Персеиды 118
- петлевая квантовая гравитация
226
- Пикар 60
- плазма 91
- планетарные туманности 204
- планетезималы 101
- планеты-гиганты 154
- Плеяды 198
- Плутон 169, 170, 171, 173,
176, 177
- погодный тренд 14
- Поларис 189
- полное лунное затмение 23
- полное солнечное затмение
21, 23, 90
- Полярная звезда 60
- полярное сияние 100, 115, 116
- пояс Койпера 175, 176
- предел Чандрасекара 332

- приливные горбы 125
- приливным разогревом 157
- проблема горизонта 311
- пропюиды 202
- протуберанцы 94, 95, 96
- пульсирующие звезды 210
- Пьер Янссен 80

Р

- Рассеянный диск 177, 181
- резонанс 170
- рекомбинация 301
- реликтовое излучение 301
- ретроградная петля 39
- ретроградное движение планет
34, 35, 36, 39, 43
- ретроградная орбита 168
- рефлекторный (зеркальный)
или отражательный
телескоп 55
- рефракция 23, 55
- решет Эратосфена 18
- Ричард Каррингтон 98
- Роберт Дикке 302
- Роберт Бунзен 80
- Роберт Уилсон 301
- Розетта 150, 152
- Рой Керр 219

С

- Сатурн 150, 158, 159
- сверхновая типа Ia 331
- сверхскопления 277, 279
- сверхскопления Девы 277
- секстанты 44

сила гравитационного притяжения 52
 сингулярность 213
 скопление Пуля 263
 скопления Девы 278
 скорость отрыва 212
 событие Каррингтона 98
 созвездия Ворона 276
 солнечная корона 90, 179
 Солнечные затмения 19
 солнечные ветры 90
 спагеттификация 213
 спектр электромагнитного излучения 70
 специальная теория относительности 73
 спиккулы 89
 спиральные рукава 246, 247, 279
 С. С. Лин 248
 стандартная свеча 272
 Стандартная модель 257
 Стивен Хокинг 221
 струя 89
 сублимации вещества 141
 Субраманьян Чандрасекар 84, 332
 суперземля 237
 суперсимметрия 225, 257
 суперсимметричные частицы 257

Т

Тей 122
 тектоник плит 108
 телескопе Ньютона 55
 темная материя 256, 257

темная энергия 334
 температурного равновесия 310
 теории Большого взрыва 295, 296, 298, 300, 301
 теории всего 224
 Теория струн 225
 Тихо Браге 41, 43, 46, 47, 48, 50, 56
 Томас Голд 295
 точной настройки 313, 314
 транзитная зона 89
 транзитный метод 231
 Тритон 167, 169

У

Уильям Гершель 67
 Уильям Стаклей 51
 ультраглубокое поле Хаббла 288
 умбр 23
 Уолтер Маундер 93
 Уран 150, 165, 166, 178, 183
 Ураниборг 42
 Урбен Леверье 71

Ф

фиксированные звезды 32
 филаменты 96
 фиолетовое смещение 233
 Флемстид 60
 Френк Шу 248
 Фраунгофер 199
 Фред Хойл 294
 Фрэнк Дрейк 265, 266

Х

Ханс Бете 84
Харон 170
хроматическая абберация 55

Ц

ЦЕРН 258
цефеиды 189
цианобактерии 105

Ч

Чарльз Хаттон 66
черные дыры 213, 215, 219,
222, 223
четки Бейли 21, 22

Ш

Шарль Мессье 281
Шихелион 66

Э

Эдвард Франкленд 80
Эдвин Хаббл 280, 289
Эдмунд Галлей 53, 63, 65
Эйнар Герцшпрунг 193
эклиптика 29, 30, 31
Энтони Хьюиш 210
Энцелад 164
эпицикл 36, 39
Эратосфен 18, 19
Эриду 170
эффекта Доплера 232

Ю

Юпитер 33, 35, 131, 150, 153,
154, 183, 188, 212, 240,
241

Я

Ян Оорт 181

КОГДА ВЫ ДАРИТЕ КНИГУ, ВЫ ДАРИТЕ ЦЕЛЫЙ МИР

ХОТИТЕ ЗНАТЬ БОЛЬШЕ?

Заходите на сайт:
<https://eksmo.ru/b2b/>

Звоните по телефону:
+7 495 411-68-59, доб. 2261



ВАШ ЛОГОТИП
НА ОБЛОЖКЕ

ВАШ ЛОГОТИП НА КОРЕШКЕ

ОБРАЩЕНИЕ
К КЛИЕНТАМ
НА ОБЛОЖКЕ

**ВСЕЛЕННАЯ
НАСТОЛЬКО ВЕЛИКА
И НЕОБЪЯТНА, ЧТО МОЖЕТ
ИСПУГАТЬ СВОИМ МАСШТАБОМ.
МЫ ЧАСТО С ВОСХИЩЕНИЕМ СМОТРИМ
НА ЗВЕЗДЫ. НЕСМОТЯ НА ВЕЛИКИЕ
ОТКРЫТИЯ, ВОПРОСОВ ОСТАЕТСЯ
БОЛЬШЕ, ЧЕМ ОТВЕТОВ.**

**ТЕМНАЯ
МАТЕРИЯ**

**ОДНИ ЛИ МЫ
ВО ВСЕЛЕННОЙ?**

**ПУТЕШЕСТВИЕ
ВО ВРЕМЕНИ**

Космическое путешествие
через 93 миллиарда световых лет.
Вы познакомитесь с основными
астрономическими законами
и открытиями.

ISBN 978-5-04-099305-5



9 785040 993055 >

**НЕЗАМЕНИМОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ ТЕХ,
КТО ЛЮБИТ НОЧНОЕ НЕБО!**

