

АЛЕКСАНДР ДЕМЕНТЬЕВ

АЛЕКСАНДР ДЕМЕНТЬЕВ

популярная
АСТРОФИЗИКА



Издательство АСТ
Москва

УДК 52
ББК 22.6
Д30

Дизайн обложки *Александра Воробьева*

В оформлении издания использованы иллюстрации *Алисы Апаевой*
и архива *Shutterstock*

Дементьев, Александр Алексеевич
Д30 Популярная астрофизика : философия космоса и пятое измерение /
Александр Алексеевич Дементьев. – Москва : Издательство АСТ, 2022. –
272 с. – (История и наука Рунета. Подарочное издание).

ISBN 978-5-17-149038-6

Александр Дементьев – журналист (работал в таких изданиях, как РБК, «Ведомости», Лента.ру), закончил МПГУ (бывш. МГПИИ им. Ленина) по специальности общая и экспериментальная физика. Автор самого крупного научно-популярного канала «Популярная наука» на «Яндекс.Дзен».

Перед вами – уникальная книга, которая даст возможность по-новому взглянуть на космос. Человечество стоит на пороге больших открытий за пределами нашей планеты. И они кардинально изменят жизнь людей!

Из книги вы узнаете:

- Что ждет Землю и Солнце в будущем. И почему человеку стоит задуматься о путешествии к другим звездам уже сейчас.
- Что такое темная материя и какую выгоду принесет человечеству ее открытие.
- Что такое черные дыры и как люди смогут использовать их в будущем.
- Как могут выглядеть другие формы жизни.
- Какие планеты человек колонизирует первыми.

Эти и многие другие вопросы рассмотрены с точки зрения современных научных данных.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

УДК 52
ББК 22.6

ISBN 978-5-17-149038-6

© Дементьев А.А., текст, 2022
© Апаева А.Р., иллюстрации, 2022
© Издательство АСТ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
-------------------	---

ЧАСТЬ I СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Глава 1. Почему Земля – идеальная планета для жизни	13
Глава 2. Что способствовало благоприятным условиям для возникновения жизни на Земле?	16
Глава 3. Эволюция Земли	19
Глава 4. Луна – наш спутник	43
Глава 5. Ресурсы Луны. Что из полезных ископаемых можно найти на спутнике Земли?	52
Глава 6. Юпитер – несостоявшаяся звезда и защитник Земли ...	60

ЧАСТЬ II ВСЕЛЕННАЯ

Глава 7. Млечный Путь	67
Глава 8. Химики Вселенной. Почему умирающие звезды называют сверхновыми	80

Глава 9. Черные дыры	91
Глава 10. Скорость света	106
Глава 11. Великий аттрактор. Что находится в точке, вокруг которой вращается наша галактика	113
Глава 12. Теория Большого взрыва: как рождалась Вселенная	118
Глава 13. Антропный принцип	123
Глава 14. Какая форма у нашей Вселенной.....	127

ЧАСТЬ III
ФИЗИКА ВСЕЛЕННОЙ

Глава 15. Теория относительности	133
Глава 16. Теория всего.....	135
Глава 17. Физика в тупике	143
Глава 18. Хаос и случайность в физике	148
Глава 19. Стрела времени	153

ЧАСТЬ IV
ЗАГАДКИ ВСЕЛЕННОЙ

Глава 20. Темная материя	159
Глава 21. Что такое темная энергия и чем она отличается от темной материи	171
Глава 22. Структура Вселенной и человеческого мозга	174
Глава 23. Быстрые радиовсплески	176
Глава 24. Что находится за пределами нашей Вселенной	180

ЧАСТЬ V
КОСМОС БУДУЩЕГО

Глава 25. Какой видели Вселенную древние греки.	185
Глава 26. Колонизация космоса.	192
Глава 27. Планеты Солнечной системы, пригодные для колонизации	201
Глава 28. Экзопланеты.	229
Глава 29. Внеземная жизнь	237
Глава 30. Две научно-фантастические концепции, которые могут оказаться правдой.	264
Библиография	271

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мы с вами живем в интересную эпоху, когда вновь возрождается интерес к космосу, причем на новом витке.

Если в XX веке за стремлением покорить космос стояло желание военного господства, то сейчас главные двигатели — экономика и философия.

Экономика — потому что прорыв в покорении космоса может решить финансовые проблемы, обеспечить доступ к новым материалам и технологиям.

Философия — потому что космос сейчас становится главной областью, где пока еще сокрыты мировоззренческие смыслы. Где можно попробовать найти ответ на вопросы «Как устроен мир?» и «Что такое человек и зачем он здесь появился?».

Книга ориентирована на широкий круг читателей.

Древние греки умели говорить об устройстве мира просто, используя язык метафор с применением обычной арифметики и геометрии. Представьте, они умели говорить о частицах, не прибегая к сложному уравнению Шредингера! И не вводили 10 новых измерений, как в современной теории струн.

Такую же цель поставил и я в этой книге. Ведь у каждого, даже самого сложного научного объяснения есть аналогии в обычной жизни. Через них понять устройство мира гораздо проще!

Спасибо древним грекам за этот метод, который я у них со всем уважением позаимствовал.

Книг про космос существует немало. В чем уникальность этой книги? В том, что мы обратим взгляд на Вселенную и ее объекты, пользуясь таким инструментом, как наука о человеке.

Как новые открытия изменяют быт человека? Что мы узнаем нового о том, как устроен мир?

Есть ли у нас «соседи» в космосе, и если есть, как они живут или выглядят? Как человек может преодолеть ограничения, наложенные на него природой, и все-таки освоить другие планеты?

В первой части мы разберем Солнечную систему. Взгляд через призму философии порождает массу интересных вопросов. Почему условия на нашей Земле идеальны для возникновения жизни? И откуда взялся строительный материал для всего живого?

Новейшие данные математического моделирования говорят нам о том, что ситуация на Земле не всегда будет комфортна для жизни. Поэтому мы узнаем, как скоро Земля вместо уютного гостеприимного места превратится в настоящий ад для всего живого.

Во второй части, посвященной Вселенной, мы познакомимся детально с нашей галактикой и узнаем, что думает наука о загадочных объектах типа черных дыр.

В третьей и четвертой частях мы разберем, какие загадки Вселенной пока остаются неразгаданными и какие законы физики лежат в их основе.

И, наконец, в пятой части погрузимся в атмосферу настоящей научной фантастики: оценим вероятный сценарий космической экспансии, посмотрим, какие планеты могут быть колонизированы в первую очередь и с какими проблемами столкнутся первые колонисты. А также взглянем на другие звездные системы и попробуем предсказать, какие формы может иметь жизнь на планетах с высокой и низкой гравитацией.

Сергей Есенин писал: «Лицом к лицу лица не увидать. Большое видится на расстоянии». Вот и нам надо сделать шаг назад и посмотреть издали на весь мир через призму ценности для человека.

Наука стала слишком объективистской, кантовской вещью в себе. Мы же ей добавим пятое измерение — человека. И тогда весь мир заиграет для нас новыми красками.

Человечество стоит на пороге больших открытий в космосе. Сейчас мы напоминаем Европу в доколумбову эпоху. Мы твердо знаем, что где-то далеко есть много интересного и важного: земли, ресурсы, другие народы. Но пока просто не доплыли до них.

Сейчас мы находимся в стадии подготовки той самой экспедиции Колумба: систематизируем факты, обучаем и собираем команды, расставляем правильные приоритеты.

Вперед, в путешествие!

ЧАСТЬ I

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

В первой части мы поговорим о ключевых объектах Солнечной системы, которые важны для человека. О том, как они возникли, что с ними станет в будущем и какую пользу и угрозу они могут таить в перспективе.

И начнем с нашей родной планеты.

ГЛАВА 1

ПОЧЕМУ ЗЕМЛЯ — ИДЕАЛЬНАЯ ПЛАНЕТА ДЛЯ ЖИЗНИ

Мы много можем рассуждать о космосе, но все-таки самый важный для нас объект — планета Земля.

Удивительно, но наша Земля будто идеально создана для того, чтобы на ней появилась жизнь.

Судите сами:

Мы находимся в «зоне Златовласки». Так астрофизики называют зоны, которые находятся на идеальном расстоянии от своей звезды. Не слишком жарко и не слишком холодно, в отличие от большинства других планет.

Мощное магнитное поле. Магнитное поле защищает Землю от летящих из космоса заряженных частиц — солнечного ветра и других видов космического излучения. Без такого поля развитая жизнь на нашей планете была бы невозможна, поскольку космическая радиация сжигает все живое.

Вода. Кислород и водород — довольно распространенные в космосе элементы. На нашей планете они оказались в нужной пропорции для построения молекулы H_2O . Конечно, воды в Солнечной системе достаточно, но температурный режим на Земле допускает воду в жидком виде. Это уже редкое явление во Вселенной, где обычно либо очень жарко, либо очень холодно.

Твердая основа. Половина известных нам планет Солнечной системы и многие экзопланеты (это планеты, которые вращаются вокруг других звезд) принадлежат к газовым гигантам. Сложные формы жизни на них, скорее всего, маловероятны.

Больше — не надо! У Земли очень удачный размер и плотность. Этого достаточно, чтобы удержать атмосферу (иначе ее сразу сдует солнечным ветром, как на маленьких Меркурии и Луне). Но при этом наша планета и не слишком тяжелая. Любые излишки гравитации усложняют развитие жизни. Если увеличить гравитацию, скажем, в два раза, о космических полетах мы можем забыть на долгие годы. Развить первую космическую скорость и вылететь на орбиту станет для нас очень сложной задачей.

Спутник Луна. Немаленький, но и не очень большой. Ровно такой, какой нужен, чтобы грамотно перемешивать вещество на Земле с помощью приливных сил. Кроме того, спутник такого размера помогает стабилизировать земную ось. Профессор физики Джейсон Барнс из Айдахского университета смоделировал ситуацию, как повела бы себя ось вращения Земли без Луны. Оказалось, что отклонения могли составлять до 20 градусов. Это не катастрофа — жизнь могла бы появиться и развиваться и в этих условиях. Но вот комфортной для жизни поверхности было бы меньше.

Стабильность климата. Это очень важное условие для возникновения сложных форм жизни. Климат должен быть стабильным, без резких перепадов между днем и ночью. Трудновато было бы жить на планете, где утром $-70^\circ C$, а к обеду ты

сварился. Конечно, к такому не адаптируется ничто живое. Наклон оси Земли — чуть больше 23 градусов, что обеспечивает мягкую смену времен года. Опять же, спасибо Луне!

Солнце — адекватная звезда с умеренной активностью вспышек. Солнце — типичная средняя звезда. Если бы активность Солнца была выше, то вспышек было бы больше, и это повредило бы жизни на Земле. Астрономы не раз наблюдали ситуацию на других звездах, которые выпускают страшные вспышки. И если бы на их планетах была жизнь, такие вспышки ее бы точно уничтожили.

Нет рядом сверхмассивных тел. Если бы вместо Венеры рядом с Землей вращался монстр типа Юпитера, нашей планете пришлось бы сложно. О стабильной орбите пришлось бы забыть. Именно поэтому между Марсом и Юпитером — пояс астероидов, вещество просто не смогло собраться в единую планету. С другой стороны, Юпитер находится как раз там, где нужно: он собирает опасные метеориты и кометы, отводит их от Земли за счет своей гравитации.

Возраст. Нашему Солнцу 4,5 миллиарда лет. Появилось оно спустя 9,3 миллиарда лет после рождения нашей Вселенной. Выглядит как ничего не значащие цифры. Однако появление планеты, похожей на Землю, — задача непростая. Ведь такая планета должна образоваться у звезды, богатой тяжелыми элементами (в астрофизике это элементы тяжелее водорода и гелия). Более ранние звезды не имели должной концентрации тяжелых элементов, поэтому все их планеты — газовые гиганты. У них просто не хватает нужного материала, чтобы появилась планета земного типа.

ГЛАВА 2

ЧТО СПОСОБСТВОВАЛО БЛАГОПРИЯТНЫМ УСЛОВИЯМ ДЛЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ?

Этот вопрос из сферы философии, а не физики. Любой физик ответит на него просто: *«Земля идеальна для жизни, потому что жизнь возникла на Земле и адаптировалась к ней. Были бы на Земле другие условия – жизнь была бы совсем другой».*

Когда я обсуждал эти факты с Яном Фрискусом, биологом из Университета прикладных наук Ван Холла Ларенштейна (Нидерланды), он бросил циничную фразу, которая мигом разбила все очарование и романтический настрой вашего покорного слуги: *«Это не Земля идеальна для жизни. Это жизнь идеальна для Земли!»*

Земля не обеспечивает нас всем необходимым для нашей жизни. Условия могли бы быть и лучше.

Не все места на Земле можно назвать идеальными. Есть, к примеру, подводные вулканы – максимально отвратительные условия для человека. Но экстремофилы – микроорганизмы, которые умеют выживать в суровых условиях без кислорода, при сверхнизких/сверхвысоких температурах и давлении, – чувствуют себя там прекрасно, потому что адаптировались к этим условиям. Были бы условия другие – адаптировались бы и к ним.

Но для организма, подобного человеческому, Земля, действительно, имеет условия, близкие к идеальным.

Так и хочется сказать словами героя произведения Вольтера «Кандид, или Оптимизм»: *«Все к лучшему в этом лучшем из миров!»*

Но первое впечатление обманчиво. Несмотря на то что жизнь на Земле возникла, ей постоянно угрожает опасность извне.

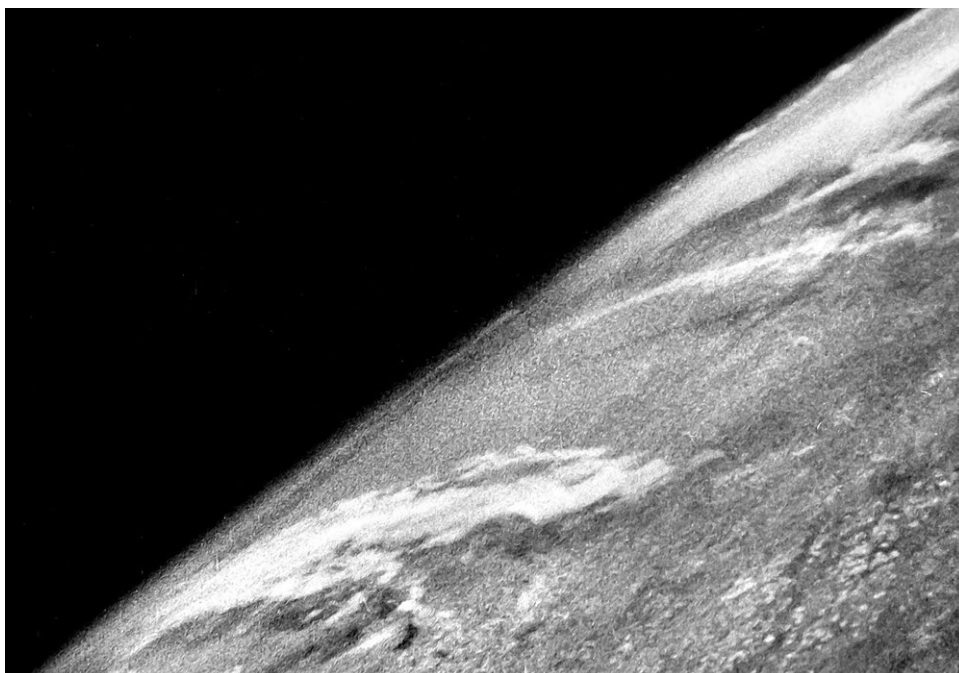
Только за последние 540 миллионов лет (всего 12% от времени существования Земли) жизнь на нашей планете пережила 5 крупных массовых вымираний и 18 вымираний меньшего масштаба. Причины были как внешние (например, падение метеорита), так и внутренние (вулканическая деятельность, смена состава атмосферы и т. п.).

Массовые вымирания ни разу не уничтожали жизнь целиком, но наносили серьезный ущерб: исчезало от 40 до 90% видов животных, населявших планету на тот момент.

Последние научные данные говорят о том, что перед нами стоит немало вызовов. Но перед тем как понять, что нас ждет, давайте посмотрим, как появилась Земля.

Первая фотография Земли из космоса была сделана в 1946 году. Американская баллистическая ракета на базе немецкой «Фау-2» засняла нашу планету на киноплёнку.

Первые пуски были неудачными: устройство падало, превращаясь в обломки. Но затем боеголовку решили отделить взрывом. Эта мера помогла, сильно замедлив падение.



Первая фотография Земли из космоса (суборбитальная ракета А4), полет № 13, 24 октября 1946 года). Фото *White Sands Missile Range/Applied Physics Laboratory*

Ракету запустили вертикально. Во время полета камера, установленная на ракете, непрерывно фотографировала Землю. Ракета поднялась на высоту 105 километров, после чего рухнула. Ракета разбилась вдребезги, столкнувшись с поверхностью планеты на скорости 100 м/с. От камеры остались одни осколки, но пленка, упакованная в стальную кассету, сохранилась.

Изначально «Фау-2» изобрели немцы в конце Второй мировой. Этими ракетами атаковали в первую очередь Великобританию.

Однако США, несмотря на запуск ракеты, на долгие годы отстали от СССР в вопросе освоения космоса. Первый – советский – искусственный спутник Земли был выведен на орбиту высотой в апогее 947 километров в 1957 году. Мы первыми успешно вернули с орбиты животных. А в 1961 году Советский Союз запустил в космос первого человека – Юрия Гагарина.

ГЛАВА 3

ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ

Давайте посмотрим, как возникла наша Земля и какое ее ждет будущее.

КАК ПОЯВИЛАСЬ ЗЕМЛЯ

У звезд есть протопланетные диски. Это облака пыли, которые вращаются вокруг своих звезд, когда они только образовались. Протопланетный диск вначале раскаленный, он подпитывает звезду веществом.

Со временем протопланетный диск начинает остывать. Частицы собираются в более плотные комки вещества. Сперва появляются частички размером до 1 сантиметра. Затем из них начинают образовываться глыбы из льда и камня. Они сталкиваются друг с другом и постепенно слипаются. Глыба становится все больше, вещество начинает уплотняться все сильнее, собирая окрестные микрочастицы. Формируется объект, который в астрофизике называется планетезималь. Это глыба, напоминающая астероид.



Планетезималь. Иллюстрация

В определенный момент, когда масса становится очень большой, планета начинает принимать форму шара. Это максимально эргономичная форма для объекта с большой гравитацией.

Удивительно, но процесс формирования из глыбы полноценной планеты очень быстрый, несмотря на космические расстояния. Планета типа Земли может образоваться всего за 100 тысяч лет. Не то чтобы мы с вами за это время не успели бы даже сбежать за кофе, но по космическим меркам это буквально миг. Всего же процесс образования полноценной планеты из микропылинок занял до 20 миллионов лет.

Параллельно идет зачистка орбиты. Объекты с пересекающимися сферами сталкиваются, в результате чего у каждой планеты возникает своя самостоятельная орбита.

Так 4,57 миллиарда лет назад появилась наша Земля. Чуть позже, спустя примерно 20 миллионов лет, у нашей планеты появился спутник. Вероятная причина — столкновение Земли с объектом размером с Марс, из-за которого и откололся кусок, ставший нашим спутником — Луной.

В раскаленном шарике более плотное вещество погружалось вниз. В итоге образовались слои с ядром внутри. Земное ядро состоит из сплава железа и никеля с небольшими добавками. Это металлическое ядро в дальнейшем сыграет огромную роль для всего живого на Земле.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

В космосе есть туманность, которая состоит из крепкого рома с запахом малины.

В нашей галактике есть туманность, по вкусу напоминающая ром с нотками малины. Да и температура там комфортная — 27 градусов тепла. Где находится этот космический рай и как он образовался? В 120 парсеках от центра нашей галактики расположено пылевое облако Стрелец В2. Это практически в центре Млечного Пути — как храм Христа Спасителя от Кремля. Масса облака в 3 миллиона раз больше массы Солнца.

В районе Стрельца В2 есть интересный участок, который получил романтическое название — Большая колыбель молекул. Это плотное скопление газа с высокой по меркам межзвездного пространства температурой. Газ здесь разогревается до 300 Кельвинов (27 °С). И здесь недавно родилась новая звезда. Именно в этой «колыбели» ученые регулярно находят множество органических молекул.

Оказалось, что вещество здесь насыщено двумя органическими соединениями — этилформиатом и n-пропилцианидом. Первое вещество придает малине ее вкус и запах. Второе — это основная составляющая рома. Кроме спирта, там обнаружена и вода. Идеальное сочетание веществ, хотя и отличается от наших классических пропорций спирта к воде — 40 к 60. Содержание спирта в туманности оказалось гораздо выше.

КАКАЯ ФОРМА У НАШЕЙ ЗЕМЛИ

Разумеется, не плоская. Но и не шар!

Земля представляет собой эллипсоид. Ее диаметр не равномерен по поверхности: на экваторе он на 43 километра больше, чем на полюсах. Получается, наша планета немножко сплюснута.

Не все спутники планет в Солнечной системе имеют форму, близкую к сфере. Спутники Марса, Фобос и Деймос, имеют очень неровную форму. Спутник Нептуна, Протей, также далек от симметричной формы. Возможно, планеты когда-то выхватили их из ближайшего пояса астероидов, где летает много подобных глыб.

Только крупные космические объекты со временем становятся сферическими (или эллипсоидальными) под действием силы тяжести. Например, Земля при формировании состояла, по сути, из раскаленной жидкой массы. Гравитация же всегда направлена к центру масс. Под действием силы тяжести вещество планеты сжималось — и образовался чуть сплюснутый шар.

Более твердое и тяжелое вещество ушло вглубь, в нижние слои. Такая слоистая структура с металлическим ядром внутри привела к появлению магнитного поля. Это поле отклоняет космическую радиацию, которая разрушительна для всего живого. Также магнитное поле защищает атмосферу, не дает ей рассеяться.

Газы, которые выходили из земной коры, образовали первичную атмосферу, состоящую преимущественно из водорода и гелия.

Хотя Земля и успешно отбивала радиацию и солнечный ветер, условия на ней были слабо пригодны для жизни. Потребовались сотни миллионов лет и серия катастрофических событий, которые, как ни парадоксально, сделали Землю более дружелюбной для всего живого.

Важным этапом в эволюции нашей планеты стала бомбардировка метеоритами. Они могли принести на Землю важные для будущей экосистемы материалы.

ТЯЖЕЛАЯ БОМБАРДИРОВКА: КАК 4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ НАЗАД ЗЕМЛЯ БЫЛА РАССТРЕЛЯНА МЕТЕОРИТАМИ

Поздняя тяжелая бомбардировка — так в геофизике называется период, когда Земля 4 миллиарда лет назад была буквально расстреляна метеоритами.

Метеориты взрывали земную кору, оплавливали поверхность. Это сильно повлияло на геологию нашей планеты и на состав полезных ископаемых.

Астрофизическая теория гласит, что в то время Юпитер, Сатурн и Нептун меняли орбиты. Из-за этого сместились и пояса астероидов, их орбиты стали пересекаться с Землей, Марсом, Венерой и Меркурием. И все планеты земной группы подверглись массивной бомбардировке метеоритами, которые ежедневно падали на поверхность. В этот период и было образовано большинство кратеров на Луне.

Сейчас орбиты крупных газовых гигантов стабилизировались. И теперь главный — и самый опасный — пояс астероидов расположен между Марсом и Юпитером. Второй пояс астероидов вообще вылетел за пределы орбиты Нептуна.

Оценить, сколько метеоритов упало на Землю, сейчас сложно: океаны, земля, живые организмы внесли свои коррективы. Но масштаб можно оценить по Луне. В то время на спутнике Земли образовалось более 22 тысяч крупных кратеров, диаметр которых превышает 20 километров. Диаметр 40 кратеров превышает 1 тысячу километров, есть несколько кратеров с диаметром свыше 5 тысяч километров.

Для сравнения: кратер, который уничтожил динозавров, в диаметре достигает 180 километров. А кратер, из-за которого предположительно случилось пермское вымирание, в диаметре составляет 500 километров. Тогда погибло более 90 % простейших морских и свыше 70 видов наземных позвоночных.

Последняя метеоритная бомбардировка состоялась 3,8 миллиарда лет назад. А уже 3,7 миллиарда лет назад появилась первая жизнь. Совпадение интересное. Оно и дало основание гипотезе панспермии: первая жизнь попала на Землю из космоса и была занесена метеоритами.

Эта гипотеза научно не доказана, хотя у нее есть поклонники в научной среде. Правда это или нет? Чтобы ответить на этот вопрос, потребуется не одна сотня новых научных открытий. Но гипотеза явно заслуживает внимания, так как совпадение интересное.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Знаете ли вы, что Земля не одинока на своей орбите? С нами орбиту делит так называемый «троянский астероид» — 2010 ТК7.

Планеты на заре существования Солнечной системы «зачистили» орбиты под себя, выбив с них другие небесные тела — планеты поменьше, астероиды и т. д. Однако кое-кто остался — например, астероид 2010 ТК7. Он движется практически точно по земной орбите, но в 60 градусах впереди нашей планеты. Этот астероид находится в так называемой точке Лагранжа. Это точка, где уравновешены силы тяжести Земли и Солнца.

Астероид 2010 ТК7 не опасен для нашей планеты. Самое близкое расстояние, на которое он подходит, — это 50 расстояний от Земли до Луны.

ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ МНОГО. НО БЫВАЕТ И БОЛЬШЕ

Считаете, что наша планета богата водой? Если собрать всю воду, что есть на Земле, она поместится в сферу диаметром 1385 километров. Даже расстояние от Москвы до Анапы

больше – 1510 километров! Просто все океаны, ледники и озера размазаны по Земле тонким слоем. На воду приходится лишь 0,12% всего объема нашей планеты. И 97,5% этой воды не пригодны для питья.

Земля не лидирует по содержанию воды даже среди планет Солнечной системы. На первом месте – Европа, спутник Юпитера. Европа по структуре похожа на нашу планету, но, как видно на фото, заметно уступает Земле в габаритах. Предположительно, Европа покрыта слоем льда толщиной в 30 километров. А под этим льдом, скорее всего, находится океан из жидкой воды.

Так что Землю нельзя назвать полноценной планетой-океаном: есть вода на поверхности, но глубина океана невелика относительно размеров самой планеты.

Но у нашей планеты есть другое важное свойство. Из всех планет Солнечной системы только на Земле существует вода в жидком виде прямо на поверхности. 70% поверхности нашей планеты действительно покрыты водой.

КОГДА ВОЗНИКЛА ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ

Ученые сходятся во мнении, что жизнь на Земле появилась около 3,7–4 миллиардов лет назад.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ ≡

Жизнь меняет Землю

Жизнь появилась на нашей планете, но она, в свою очередь, сильно влияет на экосистему Земли. Например, на Земле не было кислорода в таком количестве. В земном воздухе содержится 21% кислорода. Если посмотреть на атмосферы других планет Солнечной системы, то кислород

там присутствует только в микроскопических количествах. Кислород на Земле в большом количестве возник из-за деятельности микроорганизмов.

Сперва жизнь развилась до одноклеточных форм, которые тонким слоем покрывали дно океана. Питались они с помощью фотосинтеза и плавно наполняли атмосферу нашей планеты кислородом.

Довольно долго планета была покрыта льдом. Причина этого проста: активность Солнца была на треть слабее, чем в наши дни.

Со временем активность Солнца росла, льды отступали. Это стимулировало развитие жизни. Сложные многоклеточные появились лишь 580 миллионов лет назад.

КАК ЛОРД КЕЛЬВИН ЕДВА НЕ УНИЧТОЖИЛ ТЕОРИЮ ДАРВИНА С ПОМОЩЬЮ ЗАКОНОВ ФИЗИКИ

В XIX веке критикам теории эволюции не давала покоя мысль, что человек подчиняется тем же законам природы, что и животные.

Знаменитый физик лорд Кельвин был ярким противником эволюции — и самым опасным для этого нового (на тот момент) научного течения. Выдающийся ученый XIX века утверждал, что Земля недостаточно стара, чтобы позволить естественному отбору разыграться. И по законам физики XIX века Кельвин был абсолютно прав!

Из школьного курса физики вы наверняка помните лорда Кельвина по температуре и понятию «абсолютный нуль». Именно Кельвин предложил температурную шкалу, которую исполь-

зуют в современной физике. И 0 по Кельвину – это тот самый абсолютный ноль, в котором все движение замирает. По Цельсию это будет $-273,15$ градуса.

Лорд Кельвин – это британский физик Уильям Томсон, которому титул пожаловала королева Виктория. Он внес большой вклад в развитие науки и научных инструментов.

Но хотя научные работы и сделали Кельвина знаменитым в научном сообществе и для потомков, публике он был больше известен в других амплуа. В частности, он был в свое время самым ярким критиком теории эволюции.

Это сейчас теория эволюции признана всеми учеными и споры ведутся лишь по поводу ее отдельных механик. В XIX веке теория Дарвина вызвала сильнейшую бурю протеста.

Как можно приравнять человека к животным?! Мы подчиняемся тем же законам, что муравьи и кошки? Это невозможно!

«Да-да, Бог сотворил всех животных такими, как мы их видим сейчас. А скелеты других, несуществующих видов – подделка» – вторили представители церкви.

Однако рациональных аргументов против теории было не так уж и много. И главный из них высказал лорд Кельвин. Аргумент был настолько серьезным, что с ним было вынуждено считаться все научное сообщество.

Кельвин подсчитал на основе термодинамических законов, что возраст Солнца – 100 миллионов лет. За большее время вещество уже прогорело бы. И в этом Томсон был прав! Он же не знал, что реакции на Солнце подчиняются не термодинамике, а совсем другим законам.

Земля, с учетом теории происхождения планет, существовала, по оценкам лорда Кельвина, всего 40 миллионов лет.

Для эволюции требуются гораздо большие сроки. 100 миллионов лет – это ничтожно мало, чтобы жизнь из простейших организмов достигла того многообразия, что мы видим сейчас.

Тогда ученые не могли точно посчитать, сколько времени для этого нужно. Но интуитивно понимали, что за 100 миллионов лет такого масштаба не будет. И они были правы. Вот несколько интересных цифр:

Чтобы животное размером с мышь эволюционировало до гиганта размером со слона, нужно минимум 40 миллионов лет. То есть все время существования Земли по оценке Кельвина.

Первая жизнь возникла около 4 миллиардов лет назад. Через 1,5 миллиарда лет бактерии научились фотосинтезу.

Первое многоклеточное появилось 650 миллионов лет назад.

То есть 3,35 миллиарда лет жизни потребовалось только для того, чтобы развиться до многоклеточных форм. И еще десятки миллионов лет — на эволюцию каждого из видов.

Конечно, на тот момент никто уже не верил в оценки религиозных мыслителей, что Земле 6 тысяч лет. Но даже 40 миллионов — это очень мало! По оценкам самого Дарвина, на эволюцию всего живого на Земле нужно 200 миллионов лет.

«Раз для эволюции требуются гораздо бóльшие сроки, чем время жизни Солнца и Земли, — значит, жизнь на нашей планете не могла развиваться по ее законам», — заявил Кельвин. Следовательно, животные уже были сотворены приспособленными для своих биологических ниш.

Чарльз Дарвин ушел из жизни в 1882 году — как раз в разгар критики его теории. И можно только посочувствовать мэтру, ведь все последние годы его жизни люди сомневались в том, чему он эту жизнь посвятил! Аргументы Кельвина были железобетонными по канонам науки того времени. Физика считалась самой точной из естественных наук и самой строгой по методологии. А значит, ее данные ставились во главу угла. Дела у теории естественного отбора были плохи.

В 1895 году физики окончательно сошлись во мнении, что возраст Земли составляет 20–40 миллионов лет. Теория естественного отбора выглядела обреченной.

А уже в следующем году французский физик Антуан Анри Беккерель открывает радиоактивность. Тогда ученые еще не осознали масштаба открытия, но дни теории Кельвина уже были сочтены.

В 1903 году Беккерель вместе с Пьером и Марией Кюри получает Нобелевскую премию за свое открытие. Радиоактивность признается всеми учеными.

А далее начался лавинообразный эффект. Радиоактивность предоставила человечеству принципиально новый метод измерения возраста древних объектов.

Зная время распада радиоактивных изотопов, можно отследить, на какой стадии они находятся в горных породах. И вычислить, когда они были образованы.

Но главное, Солнце и другие звезды не прогорают так быстро, как считалось ранее. Ведь в их недрах происходят ядерные реакции, у которых куда больший потенциал и энергетическая мощность.

Уже в 1911 году возраст Земли увеличили до 1,7 миллиарда лет. А в 1953 году, после более точных подсчетов, — до 4,5 миллиарда лет, что и стало общепризнанной версией.

Теперь у естественного отбора появилось то самое время, в котором он так нуждался.

ИЗ НЕЖИВОГО В ЖИВОЕ

Жизнь во всем ее многообразии изучает биология. И история появления жизни на нашей планете не вписывается в рамки этой книги. Однако важно упомянуть один момент.

В 1924 году советский биолог Александр Опарин предложил термин «первичный бульон». Такое вот необычное название. Хотя я тоже, когда в бедные студенческие годы занимался наукой, постоянно о еде думал. Жизнь на Земле возникла путем химической эволюции молекул, содержащих углерод.

Органические вещества на нашей планете возникли из более простых соединений — метана, воды и аммиака. Под действием электрических разрядов — молний и ультрафиолета — они получили базовую энергию для химических реакций.

В дальнейшем эта концепция развивалась и дорабатывалась. Пока вопрос появления жизни остается открытым. Доминирующая гипотеза — так называемая Гипотеза мира РНК (РНК — рибонуклеиновая кислота), согласно которой молекулы рибонуклеиновых кислот стали первыми хранителями генетической информации.

Но оставим этот вопрос биологам. Нам интереснее другое. Откуда берется необходимая органика? Откуда взялся «бульонный кубик» для первичного бульона?

Оказывается, во Вселенной довольно много органических соединений! У Земли органические соединения были, скорее всего, еще на стадии формирования. И в дальнейшем строительный материал для жизни добавили метеориты. Подробнее об этом мы поговорим во второй части, когда речь пойдет о химическом составе Вселенной.

СКОЛЬКО ВРЕМЕНИ ОСТАЛОСЬ ДЛЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Не так-то много, как может показаться на первый взгляд. По разным оценкам, условия на Земле будут благоприятны для жизни еще в течение 0,5–1 миллиарда лет.

Если учесть, что жизнь на нашей планете появилась примерно 4 миллиарда лет назад, мы уже давно прошли половину пути и плавно движемся к закату.

Однако Солнце, по оценкам современных ученых, будет существовать еще как минимум 7,5 миллиарда лет. Что же такого произойдет с Землей, что жить на нашей планете станет невозможно?

ЧТО ЖДЕТ ЗЕМЛЮ ДАЛЬШЕ

Благоприятный период для нашей планеты продлится не так уж долго. Произойдет ряд внешних и внутренних изменений, которые сильно ударят по всему живому на планете.

В ноябре 2021 года ученые Кацуми Одзаки из Университета Тохо и Крис Рейнхард из Технологического института Джорджии по заказу NASA сделали прогноз о будущем нашей планеты. Цель – понять, сколько еще времени Земля будет пригодной для жизни. Цифры получились печальные. Катастрофические изменения для биосферы ждут нас уже спустя 500 миллионов лет. А спустя 1,5 миллиарда лет условия на Земле станут абсолютно непригодными для жизни.

Самый главный для нас фактор – Солнце.

Активность Солнца продолжит расти. Она и сейчас набирает обороты. Это происходит из-за накопления гелия – важного вещества для ядерных реакций внутри нашего светила. Поэтому Солнце светит все ярче и жарче.

В среднем, в течение каждых 110 миллионов лет светимость Солнца растет на 1%. И за миллиарды лет эта прибавка становится существенной.

Через сотни миллионов лет это будет сильно заметно. Температура поднимется настолько, что океаны начнут испаряться. Вода на планете будет все больше существовать не в жидком и твердом состоянии, а в виде пара. Климат станет очень влажным, а парниковый эффект – крайне высоким. Из-за этого вода начнет улетучиваться из стратосферы в космос.

А через 1,1 миллиарда лет все океаны, скорее всего, испарятся с поверхности планеты.

Через 3,5 миллиарда лет на нашей планете будет так же жарко, как сейчас на Венере.

Кроме этого, активность Солнца приведет к снижению концентрации углекислого газа в атмосфере, так как будут

выветриваться силикатные материалы. Углекислого газа станет мало для фотосинтеза. Именно на этом факте основан прогноз, что жизнь на Земле начнет исчезать уже через 500 миллионов лет.

Сокращение растений приведет к снижению концентрации кислорода в атмосфере планеты. Через 1 миллиард лет концентрация кислорода в атмосфере сократится в 21 раз — с текущих 21% до 1%!

Наклон оси. Через 1,5 миллиарда лет наклон оси нашей планеты может начать хаотично меняться, вплоть до отклонения на 90 градусов. Почему наклон оси будет меняться? Во-первых, будет меняться трение между внутренними слоями, в частности между мантией и ядром. Во-вторых, Луна постепенно удаляется от Земли почти на 4 сантиметра в год. И через полтора миллиарда лет ее влияние заметно снизится.

Если Земля будет направлена к Солнцу под углом 90 градусов, то полюса станут перпендикулярны. Одна половина планеты будет получать много тепла и света, а другая — страдать от их нехватки. Соответственно, в первом случае климат будет слишком жарким, температура поверхности будет подниматься до 80 градусов. В темной части, наоборот, будет сильный холод.

Земное ядро начнет остывать. Это приведет к серьезным климатическим переменам. Как я писал выше, трение между мантией и ядром изменится, что повлияет на скорость вращения и угол наклона.

Сутки постепенно увеличиваются из-за замедления вращения. Во времена динозавров, незадолго до их гибели, сутки длились около 23,6 часа. Сейчас они также прирастают, но за человеческую жизнь заметить это невозможно. Через 250 миллионов лет длительность суток будет составлять 25,5 часа.

Красный гигант. Если жизнь на Земле чудом сохранится, несмотря на все эти факторы, спустя примерно 5 миллиардов лет нас ждет неминуемое.

Солнце начнет превращаться в красного гиганта и резко расти в размерах. Это связано с падением давления внутри светила, так как вещество постепенно прогорает в его недрах.

Через 5 миллиардов лет красный гигант достигнет орбиты Земли и захватит нашу планету.

Расширяться до бесконечности не получится, и в какой-то момент произойдет взрыв: Солнце сбросит оболочку и станет белым карликом. И будет доживать свой век в таком виде.

Но, как я уже писал ранее, жить на Земле станет асолютно невозможно гораздо раньше. Нам отпущено примерно 0,5 миллиарда лет.

500 миллионов лет... Не так уж много, чтобы достичь степени развития, которая позволит улететь от катастрофических изменений на нашей планете.

С другой стороны, представьте, как люди уже со стороны, из другой звездной системы, будут смотреть на рост красного гиганта. И рассказывать, как когда-то в этой звездной системе родилась жизнь, которая распространилась по всей галактике!

ЭВОЛЮЦИЯ СОЛНЦА. КАК ВОЗНИКЛА НАША ЗВЕЗДА И ЧТО ЖДЕТ ЕЕ В БУДУЩЕМ

Часть интриги из этой главы я лихо уничтожил в главе про Землю. Однако о нашем светиле стоит поговорить особо.

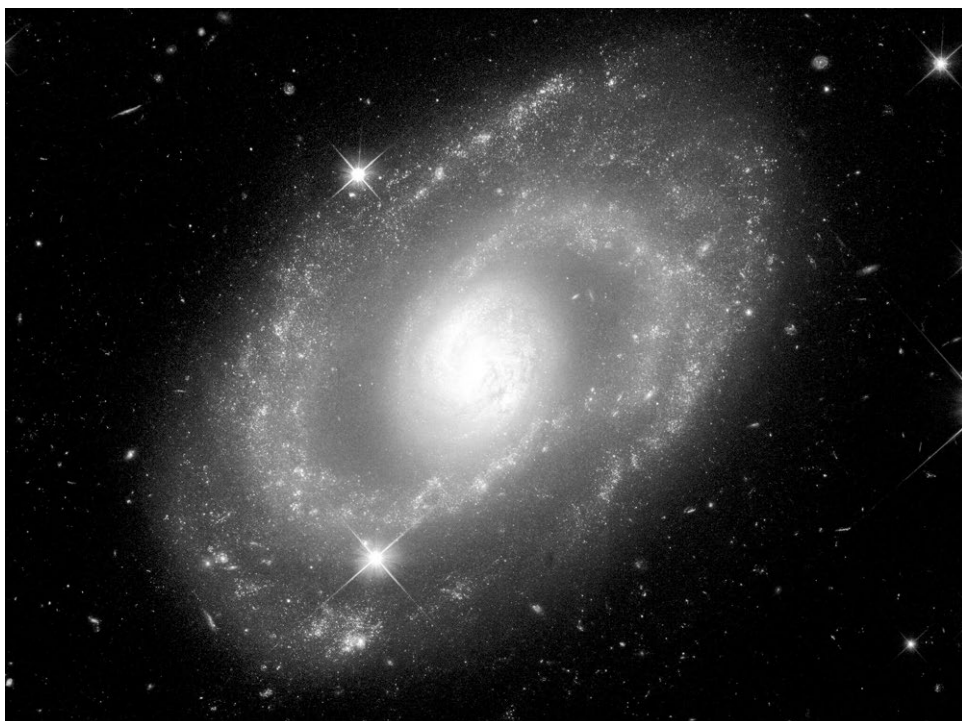
Солнце — вполне обычная для нашей галактики звезда, относится к классу желтых карликов.

Если бы Солнце было человеком, сейчас ему было бы около 30 лет. Этот человек жил бы в каком-нибудь крупном провинциальном городе, далеко от столичной суеты и лоска.

Таких людей очень много в России. Таких звезд, как Солнце, очень много в галактике. И они весьма комфортны для появления жизни.

Если представить Москву центром, то наш герой жил бы и работал в Белгороде или Курске. На какой-нибудь очень надежной работе. Полагаю, был бы чиновником среднего ранга. Звезд с неба, простите за каламбур, он бы не хватал. Но жил бы чуть лучше большинства россиян.

Солнце входит в 15% наиболее ярких звезд в нашей галактике, хотя и сильно уступает лидерам. 85% звезд Млечного Пути — разные другие карлики: красные, коричневые, белые, которые светят гораздо более тускло.



Спиральная галактика Mrk 1337. Фото *NASA/ESA Hubble Space Telescope*

Солнце находится на периферии нашей галактики Млечный Путь, подальше от высокой концентрации звезд и массивной черной дыры в ядре галактики. Максимально комфортно и безопасно.

ЧТО ТАКОЕ «ЖИЗНЬ ЗВЕЗДЫ» И СКОЛЬКО ПРОЖИВЕТ СОЛНЦЕ

Формально небесный объект типа «звезда» может существовать триллионы лет. Просто переживает ряд трансформаций — из газового облака в молодую звезду, затем полноценная «взрослая» жизнь. И под конец превращение, в зависимости от собственной массы, в белого карлика, нейтронную звезду или черную дыру.

Однако в астрофизике принято считать жизнью звезды время, когда она подпитывается внутренними ядерными реакциями. Это становится единственным источником энергии звезды и причиной излучения.

Поэтому жизнь Солнца ориентировочно продлится 10 миллиардов лет. Это жизнь в статусе белого карлика. А период до рождения звезды и после уже как таковой жизнью Солнца не считается.

КАК ВОЗНИКЛО СОЛНЦЕ

Как и любая другая звезда — из газа. Этот газ появился после взрыва нескольких сверхновых звезд. Так гибель первых крупных звезд в галактике дала новую жизнь нашему светилу.

Звезды образуются из разреженных облаков межзвездного газа. В основном этот газ состоит из водорода и гелия. Поначалу это холодные облака очень низкой плотности, но довольно обширные.

В них есть перекосы материи — где-то вещества чуть больше, где-то меньше. Возникает гравитационная неустойчивость и начинается сжатие. Процесс длится до тех пор, пока не соберется так называемая протозвезда. В ее основе — сильно разогретый газ. В недрах протозвезды запускаются термоядерные реакции синтеза гелия из водорода. Так и рождается новая звезда.

Процесс этот может длиться по-разному, все зависит от массы будущей звезды. Крупная звезда может образоваться очень быстро по меркам космоса — за несколько миллионов лет.

Совсем маленьким звездам типа красных и коричневых карликов может потребоваться до 10 миллиардов лет, чтобы из газа получилась звезда. Диапазон получившихся звезд варьируется от гигантов в 150 солнечных масс до маленьких звезд с массой всего 7% от солнечной.

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ СОЛНЦЕ

Первоначально в основе Солнца — водород и гелий, как и у большинства звезд. В дальнейшем в результате термоядерных реакций в недрах Солнца стали возникать более тяжелые элементы.

Сейчас Солнце на 73% состоит из водорода и на 25% — из гелия. Оставшиеся 2% приходятся (в порядке убывания концентрации) на кислород, углерод, неон, азот, железо, магний, кремний и т. д.

Из сюрпризов: у Солнца высокая, по сравнению с другими звездами, концентрация золота и урана. Это подтверждает гипотезу, что Солнце возникло из газа, оставшегося после взрыва сверхновых.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Наша планета возникла из протопланетного диска, который вращался вокруг Солнца. Это также газ, оставшийся после взрыва сверхновой. Поэтому на Земле в целом больше золота, по сравнению с другими космическими объектами. Плюс позднейшая метеоритная бомбардировка занесла на нашу планету еще часть этого драгоценного металла.

Кстати, Солнце довольно плотное по нашим меркам. Интуитивно большинство людей считает, что оно газообразное и если бы не сверхвысокая температура, то можно было бы легко поводить по нему рукой, как по облаку или воздуху.

На самом деле плотность Солнца составляет $1,4 \text{ г/см}^3$. Это в 1,4 раза больше, чем у воды. Поэтому, не будь солнечное вещество таким раскаленным, плавать в нем было бы довольно интересно: человеку пришлось бы прикладывать куда меньше усилий, чтобы держаться на поверхности. А вот нырять было бы трудно.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ ≡

Если вы поместите Сатурн в воду, он будет плавать.

Плотность Сатурна настолько мала, что, если бы вы поместили его в гигантский стакан с водой, он бы плавал. Фактическая плотность Сатурна составляет $0,687 \text{ г/см}^3$, а плотность воды — $0,998 \text{ г/см}^3$. Плотность Юпитера в два раза больше, чем у Сатурна, — $1,330 \text{ г/см}^3$, что соответствует плотности... меда!

Юпитер по плотности сильно отстает от Земли, но, если погрузить его в гигантский резервуар с водой, он все-таки утонет, так как плотнее.

ЖЕЛТЫЕ КАРЛИКИ — НЕ ЖЕЛТЫЕ

Желтые карлики — это весьма распространенный тип звезд. Они имеют массу от 84 до 115% от массы Солнца.

Свет желтых карликов — белый. Почему же Солнце для нас светит то желтым, то оранжевым на рассвете и алым на закате? Все дело в рассеивании частиц атмосферой.

Белый свет, как мы помним из курса школьной физики, — это смешение всех цветов, что хорошо видно по радуге.

Белый свет, испускаемый Солнцем, рассеивается по-разному, в зависимости от его положения на горизонте.

Синие фотоны рассеиваются быстрее. И когда Солнце находится низко над горизонтом, синие фотоны не проходят атмосферу, поэтому Солнце кажется нам красным.

ЧТО ЖДЕТ СОЛНЦЕ В БУДУЩЕМ

Живут желтые карлики в среднем 10 миллиардов лет. После чего превращаются в красных гигантов: резко увеличиваются в габаритах и сбрасывают лишнее вещество.

Крупные звезды делают это эффектно — резкой вспышкой. Такие астрономические события называются «взрыв сверхновой». Происходит резкий всплеск светимости, после этого оболочка сбрасывается, а в этом месте возникает туманность.

Солнцу не хватает массы, чтобы взорваться, как сверхновая, поэтому отход оболочки произойдет более спокойным путем. По факту, на этой стадии жизнь звезды, по терминологии астрофизиков, прекращается.

Белые карлики составляют до 10% от общего числа звезд в нашей галактике. Масса белых карликов сравнима с солнечной, только они очень компактны: их радиус почти в 100 раз меньше, чем радиус нашего Солнца. Вещество получается очень плотным.

ЗАКАТ СОЛНЦА. НАВЕЧНО

Солнце станет белым карликом. Что это за тип звезды и возможна ли рядом с ней жизнь? Примерно через 5 миллиардов лет Солнце превратится в красного гиганта. На этой стадии Солнце

будет раздуваться в размерах, пока не поглотит несколько ближайших планет, включая Землю.

Причина такого раздувания — выгорание вещества. У Солнца уже не получается соблюдать баланс температуры и давления, чтобы сохранять свои границы.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Во времена неандертальцев в небе светили два Солнца. 70 тысяч лет назад люди могли наблюдать удивительное зрелище — в небе горели сразу две звезды.

Второй звездой в небе Земли оказалась звезда Шольца. 70 тысяч лет назад эта звезда максимально приблизилась к нашей Солнечной системе.

Звезда Шольца — небольшая звезда, так называемый красный карлик, масса которого в 8 раз меньше Солнца. «Второе Солнце» светило не очень ярко, гораздо слабее Луны. Жаль, что люди тогда не могли ни писать, ни рисовать и не оставили потомкам воспоминаний об этом событии. Спустя несколько тысяч лет Солнце и звезда Шольца разлетелись.

После этого красный гигант сбросит часть вещества (по прошествии некоторого времени издалека это будет выглядеть как туманность). По оценкам Ричарда Погге, профессора астрономии из Университета штата Огайо, Солнце потеряет 28% своего вещества. И после этого превратится в белого карлика. Мы можем прогнозировать, что будет с нашим Солнцем. И даже немного заглянуть в будущее, причем не только в теории, но и на практике.

Туманность «Улитка» — ближайшая к нашей Солнечной системе. Находится в 650 световых годах. Правда, где ученые раз-

глядели улитку, не совсем понятно. В соцсетях фото туманности окрестили «Глаз Бога», что гораздо ближе по ассоциации, на мой взгляд.

Туманность «Улитка» образовалась после гибели звезды, похожей на наше Солнце. Она взорвалась, как сверхновая, и сбросила оболочку, которая и образовала туманность. Появилась туманность 10 600 лет назад. Наши предки наверняка видели в небе гигантскую вспышку. Возможно, в течение месяца их ночи были гораздо светлее, почти как белые ночи. В диаметре «Улитка» растянулась на два с половиной световых года. От звезды же в центре остался простой белый карлик, который практически невидим.

Подобная судьба постигнет и Солнце. Наша звезда сбросит оболочку, оставив в центре белого карлика.

ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Масса белых карликов сравнима с солнечной, только они очень компактны: их радиус почти в 100 раз меньше, чем радиус нашего Солнца. Вещество белого карлика получается очень плотным. Аналогов ему не найти на нашей планете.

По оценкам доктора философии и популяризатора астрономии Стивена П. Марана, игральный кубик из этого вещества весил бы аж 2,5 тонны! До нейтронной звезды или черной дыры, конечно, далеко. Но это одно из самых плотных веществ во Вселенной. Белый карлик так уплотняется, потому что гравитация максимально сдавливает вещество. Вещество похоже на обычное, звездное, но давайте вспомним, что это звезда на поздней стадии эволюции, когда много вещества выгорело. И здесь происходит сдвиг в сторону более тяжелых элементов.

Маленькие белые карлики буквально являются гелиевыми шариками. «Гелиевыми шариками» становятся звезды, которые

на основной стадии были меньше Солнца в два раза и более. Их массы и температуры не хватает для запуска термоядерных реакций. Поэтому в их составе — компактный гелий, оставшийся после того, как прогорел весь водород. Солнце же будет относиться к белым карликам второго типа, которые обогащены углеродом и кислородом.

МОЖЕТ ЛИ СУЩЕСТВОВАТЬ ЖИЗНЬ НА ПЛАНЕТАХ В СИСТЕМАХ С БЕЛЫМ КАРЛИКОМ

Теоретически может. Для этого планета должна быть очень близка к своей звезде. Белый карлик, хоть и является тусклой звездой, продолжает излучать тепло и свет. Представьте себе головешки в потухшем костре. Еле тлеют, но дают немного света и тепла, если сесть максимально близко и протянуть ладони. Такая же история и с белым карликом.

Самое дальнее теоретическое расстояние, при котором жизнь возможна, — это 0,02 астрономических единицы (1 а. е. равна расстоянию от Солнца до Земли). То есть как минимум в 50 раз ближе расстояния от Земли до Солнца. Это даже намного ближе, чем расстояние до Меркурия. Конечно, при этом приливные силы будут высокими, на подобных планетах жить будет крайне некомфортно. Однако вероятность этого крайне мала, ведь перед белым карликом следует стадия красного гиганта. В этот момент звезда «съедает» ближайšie планеты. А на отдаленных планетах жизнь в системах с белым карликом невозможна — слишком холодно.

Гипотетически возможный сценарий: белый карлик подхватит планету-изгоя (отдельные планеты, которые путешествуют по галактике в гордом одиночестве). И уже там разовьется жизнь. Вероятность такого сценария крайне мала. Но и Вселенная настолько огромна, что есть шанс перебрать все возможные варианты.

ЧЕРНЫЙ КАРЛИК

Любопытно, но белый карлик — это еще не финал эволюции звезды солнечного типа. По оценкам ученых, после того как все вещество белого карлика окончательно выгорит, он превратится в черного карлика. Черный карлик — это объект, который практически не испускает свет, но недостаточно массивный для того, чтобы стать черной дырой.

Черные карлики — объект гипотетический. Они пока не появились, ведь для их появления нужно свыше 10 триллионов лет. А наша Вселенная существует всего 13,7 миллиарда лет.

ГЛАВА 4

ЛУНА – НАШ СПУТНИК

Луна – уникальный объект в Солнечной системе. Ни у одной из планет Солнечной системы нет такого массивного спутника, как у нашей Земли. Земля тяжелее Луны в 80 раз. А, к примеру, Марс тяжелее своего спутника Фобоса почти в 60 миллионов раз!

Сила тяжести на Луне в 6 раз слабее земной. Атмосферы практически нет. Такому небольшому объекту трудно удержать атмосферу, поскольку ее постоянно атакует солнечный ветер. Да и защитного магнитного поля на Луне нет. Однако Луна оказывает важное влияние на нашу планету.

Луна – спутник, как будто идеально созданный для того, чтобы на Земле появилась жизнь. И чтобы жизнь чувствовала себя максимально комфортно. По размеру Луна не больше и не меньше, чем нужно. И находится на удобном для нас расстоянии.

Дело в том, что Луна оказывает дополнительное стабилизирующее воздействие на земную ось. Это означает, что без Луны у нас не было бы настолько стабильного климата: Солнце грело бы то экватор, то Северный и Южный полюса. А именно ров-

ный стабильный климат важен для появления сложных форм жизни. Перефразируя Вольтера, можно сказать, что «если бы не было Луны, ее следовало бы придумать».

Однако Луна с нами, увы, не навсегда. Наш спутник улетает от нас. Когда Юлий Цезарь смотрел на Луну, она была примерно на 80 метров ближе к Земле, чем сейчас. Луна удаляется от Земли со скоростью 3,8 сантиметра в год. Это вполне обычное явление. Когда-то, по одной из гипотез астрофизиков, Меркурий мог быть спутником Венеры, а потом от нее улетел и превратился в отдельную планету.

Через несколько миллиардов лет мы потеряем наш спутник. С другой стороны, землянам будет уже все равно. Как я писал в главе про Землю, в этот момент Солнце будет превращаться в красного гиганта и человечеству придется либо исчезнуть, либо продолжить жить в других звездных системах.

При этом на Луне есть вода! Правда, хранится она тут в виде льда. Залегает он на глубине, потому что на поверхности быстро испарится под воздействием солнечного света. Впрочем, ученые не исключают и наличие льда на поверхности Луны — она может находиться на полюсах. Лунные ледники могут обеспечить водой первых колонистов. А в дальнейшем, возможно, помогут посадить тут растения.

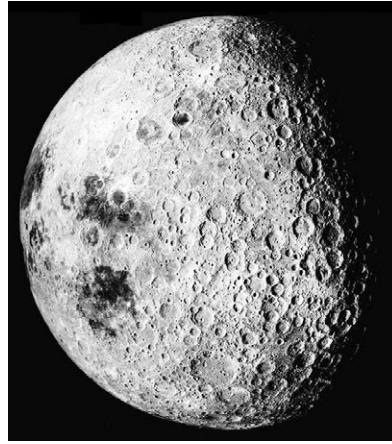
≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

На обратной стороне Луны нет равнин или больших участков, куда не падали бы метеориты. Вся поверхность дальней от нас стороны Луны испещрена кратерами.

Во многом это связано с тем, что ближняя сторона Луны была защищена от ударов метеоритов самой Землей. Еще одна гипотеза: Земля дала искажение траекторий метеоритов, после которых они как раз и попали в Луну.



Видимая стороны Луны.
Фото *Gregory H. Revera*



Обратная сторона Луны.
Фото *Apollo 16, NASA*

Многие метеориты, которые падали на Луну и образовывали кратеры, до Земли не добрались бы и просто сгорели в атмосфере. Но самый удивительный факт про Луну: когда-то мы с ней обменялись веществом. Точнее, не с ней, а с другим космическим объектом, из-за которого она появилась. Это научная гипотеза еще одной из космических катастроф, которая помогла появиться жизни на Земле.

4,5 миллиарда лет назад в Землю врезалась планета Тейя

Тейя была одной из планет Солнечной системы размером с Марс, но с меньшей плотностью. В какой-то момент она сошла с орбиты (по другой версии, она делила орбиту с Землей), и планеты столкнулись. Такой сценарий был вполне возможен на заре Солнечной системы. В изложении этой истории я буду опираться на данные американского Института планетологии, откуда я и взял основные факты и цифры.

Хорошо, Тейя столкнулась с Землей. Но возникают два логичных вопроса. Есть ли явные следы воздействия Тейи? Например, какой-нибудь гигантский каньон или мегакратер. Я вот в детстве столкнулся с огромной железякой — и до сих пор у меня шрам на полноти. Не могло же это пройти бесследно для нашей планеты! Второй логичный вопрос: а куда делась Тейя после столкновения? Давайте разберемся.

ОСТАЛСЯ ЛИ КРАТЕР ОТ СТОЛКНОВЕНИЯ ЗЕМЛИ С ТЕЙЕЙ

Нет, потому что удар привел к разжижению Земли до самых глубин. Столкновение с планетой — это совсем не то же самое, что удар астероида, который оставляет кратер. Крупные астероиды в диаметре редко превышают десятки километров. А Тейя размером с Марс — это 6800 км в диаметре!

По мнению ученых, после удара Земля какое-то время была окутана гигантским облаком раскаленного пара. Со стороны у нашей планеты были видны кольца, как у Сатурна. У него такое же происхождение колец, и со временем они исчезнут. При такой схеме через 4,5 миллиарда лет не будет никаких следов от столкновения с Тейей.

Есть лишь один важный фактор — тектоника плит. Континенты поэтому и дрейфуют постоянно, что это столкновение нарушило устойчивое положение первого земного материка. Он раскололся — и теперь континенты плавают. Всего у нашей планеты 8 крупных плит и 10 средних, и они находятся в постоянном движении. Аналогичных процессов тектоники плит мы не видим на других планетах. Почему же они есть на Земле? С помощью компьютерного моделирования также подтверждается, что целостная плита раскололась из-за столкновения.

КУДА ДЕЛАСЬ ТЕЙЯ?

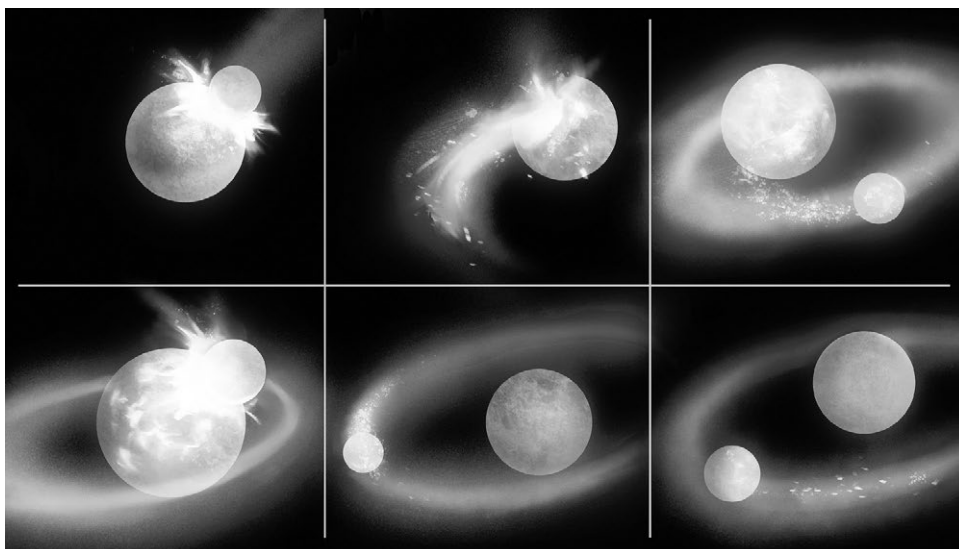
Точнее, не Тейя сама по себе, а некий общий с Землей комок вещества, который превратился в наш спутник.

От удара по тогда еще совсем молодой Земле часть вещества испарилась и была выкинута в космическое пространство. А из части оставшегося облака образовалась Луна. Все кратеры, которые мы фиксируем на поверхности Луны, появились гораздо позже столкновения. Большую часть вещества составила Тейя, которая уменьшилась после столкновения. А с Земли был захвачен поверхностный слой магмы. По шагам это могло выглядеть примерно так:

Железное ядро Тейи слилось с ядром Земли. А поверхностное, более легкое вещество улетело. Это хорошо подтверждается химическим анализом грунта Луны и ее плотностью: железа



Луна. Фото из архива *Shutterstock*



Гипотеза образования Луны из-за столкновения Земли с планетой Тейя.
Иллюстрация

у нее явно не хватает. И это сыграло огромную роль в появлении жизни на Земле. Ведь именно сильное железное ядро нашей планеты экранирует опасное космическое излучение, которое губительно для всего живого.

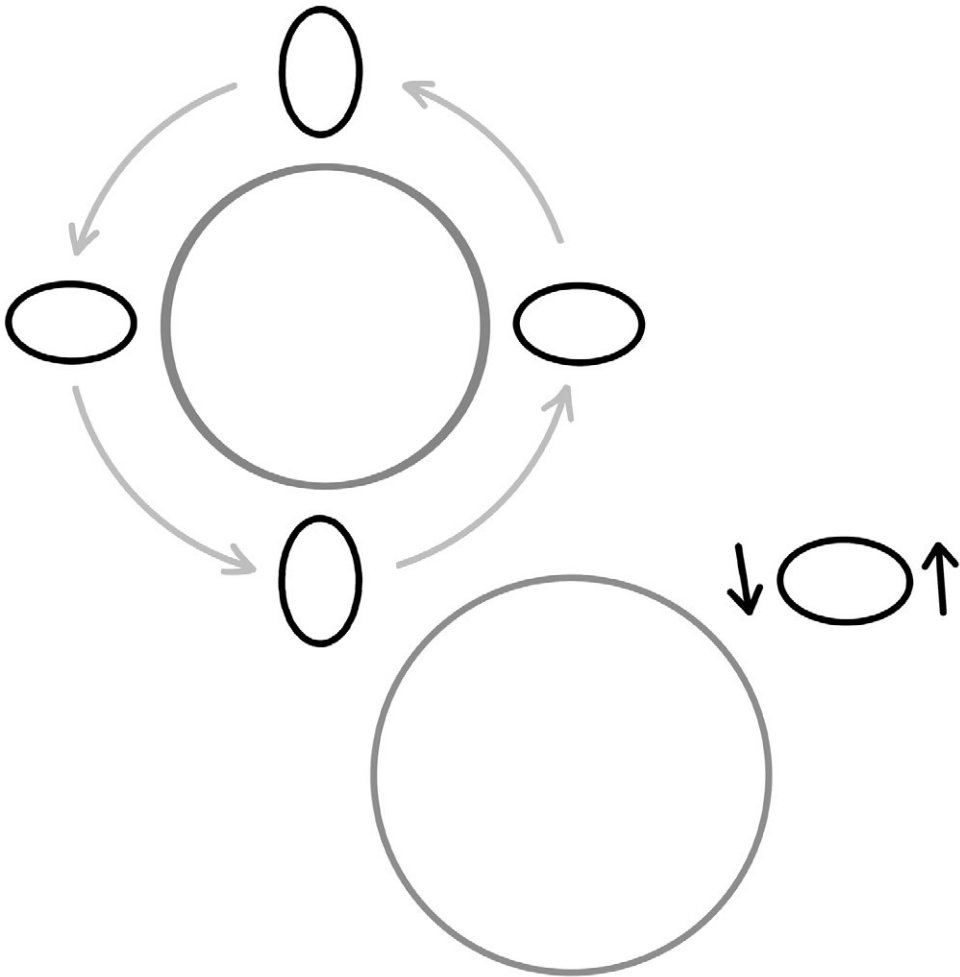
Таким образом, Тейя «поделилась» с нами железом, сделав Землю более эффективной и удобной для появления жизни. Ну, а Луне свое магнитное поле не так уж и нужно.

ПОЧЕМУ ЛУНА ВСЕГДА ПОВЕРНУТА К ЗЕМЛЕ ТОЛЬКО ОДНОЙ СТОРОНОЙ

Вы когда-нибудь задумывались, почему Луна всегда повернута к Земле только одной стороной? Ведь это довольно странно, на первый взгляд. Многие небесные тела не только летают по своим орбитам, но еще и крутятся вокруг своей оси. А у Луны период вращения вокруг оси синхронизирован с периодом вра-

щения вокруг Земли. Поэтому мы видим только одну сторону нашего спутника.

Дело в том, что Луна не идеальный шар, она немного вытянута. Если бы Луна была идеальным шаром, период ее вращения вокруг оси не совпадал бы с периодом вращения вокруг Земли. Но поскольку она вытянутая, то устойчивое положение Луны на орбите выглядит так:



Черный овал – Луна в разных положениях. Зеленый круг – Земля.
Желтый – траектория, по которой Луна движется вокруг Земли

Если Луна попытается повернуться относительно этого устойчивого положения, силы притяжения стремятся вернуть ее обратно.

Гравитация тянет чуть сильнее за «горбик», который ближе к поверхности Земли. И таким образом возвращает Луну обратно к устойчивому положению. Почему же вытянулась Луна? Почему она не идеальный шар?

Потому что миллионы лет на нее воздействовало притяжение Земли, которое понемногу ее вытягивало. Луна тянет Землю (и меняет ее форму, создавая приливы и отливы) с помощью силы гравитации. Земля аналогично притягивает Луну.

Этот эффект синхронизации периодов вращения небесных тел называется «приливным захватом». До того как Земля взяла Луну в «приливной захват», наш спутник поворачивался и другой стороной.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

В 1950-е гг. США хотели сбросить на Луну ядерную бомбу. Звучит на первый взгляд как абсурд: кого они намеревались уничтожить на спутнике Земли?

Оказалось, что американцам не давало покоя, что СССР обходит их в космосе. Советский Союз первым искусственный спутник запустил, потом человека в космос отправил. И ВВС США готовили проект: сбросить на Луну ядерную бомбу, чтобы это было видно с Земли. Это должно было напугать СССР и поднять патриотический дух американского народа.

Мощность бомбы была всего 1,5 килотонны. Это в 15 раз меньше, чем атомная бомба «Толстяк», которую сбросили на Нагасаки. Но планировали впечатлить не яркостью взрыва. По расчетам, бомба должна была поднять пылевое облако, которое будет заметно с Земли.

В 1959 году проект закрыли. Главная причина: в 1959 году начал действовать мораторий на ядерные испытания. Испугались, что при запуске может что-то пойти не так и ущерб будет причинен самим американцам. К тому же американцы опасались, что радиоактивное заражение помешает будущей колонизации Луны.

ГЛАВА 5

РЕСУРСЫ ЛУНЫ. ЧТО ИЗ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МОЖНО НАЙТИ НА СПУТНИКЕ ЗЕМЛИ?

РЕСУРСЫ ЛУНЫ.
ЧТО ИЗ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МОЖНО НАЙТИ НА СПУТНИКЕ ЗЕМЛИ?

США регулярно заявляет о своих планах наладить на Луне добычу полезных ископаемых. Последний раз это сделал экс-президент страны Дональд Трамп весной 2020 года. Китай и Россия также не скрывают своего интереса к спутнику Земли. Однако стоит ли овчинка выделки? Какие полезные ископаемые есть на Луне?

Для начала сразу отбросим нефть. Она требует органики, а жизни на Луне никогда не было. Минералы же требуют более масштабных геофизических процессов, которых нет на Луне. Поэтому речь пойдет о более простых элементах.

В 2025 году американцы снова хотят высадиться на Луну. В проект будет вложено 35 миллиардов долларов. Впрочем, он постоянно откладывается, а деньги надо отбивать.

Сейчас в отношении космоса действуют правила, принятые ООН в 1979 году. Согласно резолюции ООН, космос является всеобщим достоянием. Даже Зимбабве может претендовать на свой лунный участок. Если сумеет построить ракету, разумеется.

ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ЛУННЫЙ ГРУНТ

Как показали исследования, лунный грунт богат кислородом, из-за этого много элементов существует в виде оксидов. Больше всего в лунном грунте кремния. Этим Луна похожа на Землю: кремний составляет до 30% и земной коры. Затем идут алюминий и кальций. Алюминий добывать на Луне и привозить на Землю — не самая экономически мудрая идея. Возможно, в будущем алюминий понадобится для организации производства на самой Луне. А пока его можно довольно дешево добывать и тут.

На следующем месте — железо. Из особо ценного — титан. В некоторых частях титана в разы больше, чем в земном грунте. Титан — ценный металл, ведь он сравним по прочности со сталью, только в полтора раза легче. И не ржавеет.

Состав лунного грунта очень близок к земному. Он на 20% больше насыщен алюминием, чем земная кора. Зато здесь меньше железа. Железо, как мы помним, в большом количестве осталось на Земле после столкновения с Тейей.

КАКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ЕСТЬ НА ЛУНЕ

Прежде всего гелий. А точнее, изотоп гелий-3. Вот это реально тот элемент, за который стоит бороться. Он необходим для термоядерных реакций.

Если совсем кратко — в будущем атомная энергетика будет работать подобно реакциям на Солнце. Идеальная экология, на выходе — никаких вредных отходов, как сейчас от урана в атомной энергетике.

Всего 0,02 грамма гелия-3 даст столько же энергии, сколько 1 баррель нефти. А 40 тонн этого вещества с лихвой хватит, чтобы обеспечить США энергией на год. Ничего сравнимого по эффекту с таким КПД до сих пор на нашей планете не существовало! Примерный запас гелия-3 на Луне — 10 миллионов тонн. Хватит, чтобы США были обеспечены энергией на 250 тысяч лет. Аналогичные оценки для России — примерно 20–30 тонн.

Одна проблема: гелий-3 получается довольно дорогой. У нас он быстро рассеивается из-за атмосферы. А на Луне гелий-3 накапливается миллиарды лет. Собирается он из солнечного ветра. Содержание гелия в лунном грунте примерно в 100 раз больше, чем на нашей планете.

Кроме нехватки гелия-3, нет еще и термоядерных электростанций. Пока все реакции проходят в лабораторных условиях. Но, скорее всего, создание термоядерной энергетике — дело недалекого будущего.

МОГУТ ЛИ БЫТЬ НА ЛУНЕ ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ?

Могут. Хотя залежей и не нашли. Но здесь нужно сказать пару слов о том, откуда берутся драгоценные металлы.

Золото, платина и вообще все, что в таблице Менделеева тяжелее железа, не может появиться в недрах планеты или даже

звезды. Такие металлы рождаются только во время столкновения крупных звезд, взрывов сверхновых и в процессе образования нейтронных звезд. И после этого метеориты, как брызги после взрыва, разносят эти материалы по всей галактике.

Как мы уже говорили, 4 миллиарда лет назад Землю буквально расстреливали метеоритами, которые и принесли много ценных элементов. Луне тоже регулярно достается, поэтому с уверенностью можно сказать: что-то из драгоценных металлов там с высокой долей вероятности найдут. С другой стороны, затраты по добыче точно не окупятся, в отличие от перспективного гелия-3.

КАК ЕЩЕ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЛУНУ

Другие полезные варианты использования нашего спутника — дело среднесрочной перспективы. В ближайшие десять лет — вряд ли, а до конца века — весьма вероятно. Итак, что еще можно сделать полезного в рамках колонизации Луны?

Энергия. Ее тут много! Пожалуй, самое главное — это энергетика. И это даже если отбросить пока полуфантастический сценарий с гелием-3. Просто на Луне идеальная дешевая солнечная энергия. Ведь солнечные лучи здесь не блокируются атмосферой и магнитным полем Земли.

Производство. В сочетании с дешевой энергией здесь нет кислорода в виде газа в атмосфере. Весь кислород мертвым грузом лежит в лунном грунте. А кислород из-за окисления часто вредит производству. Особенно сложно производить микросхемы и сверхчистые сплавы. Приходится возиться с каждым элементом и выпускать их небольшими порциями, а на Луне — идеальные условия для производства в промышленных масштабах.

Наука. Здесь можно размещать научные базы. Наблюдать за космосом из лунных обсерваторий эффективнее, чем с земных, — не мешает атмосфера.

Атмосфера и магнитное поле Земли выступают в роли экрана, который защищает нас от опасной космической радиации. Однако именно этот экран также поглощает и рассеивает существенную часть электромагнитных волн. Поэтому ученым может быть очень полезен радиотелескоп, построенный на обратной стороне Луны, чтобы снизить эффект экранирования Земли.

Многие объекты, которые слабо излучают, — например, молодые звезды на ранней стадии развития, — с Земли практически не видны. Атмосфера блокирует инфракрасное излучение, которое идет от молодых звезд. А с Луны все они будут прекрасно видны!

Луна даже сейчас, когда нам трудно до нее добраться, является ценным источником информации о космосе. К примеру, лунный грунт миллиарды лет впитывал в себя частицы солнечного ветра. И когда его образцы привезли на Землю, это был ценнейший материал. Так мы смогли изучить, что представляет собой солнечный ветер (а также почему он настолько опасен).

Основная же роль научных баз на Луне — изучать непосредственно спутник нашей планеты.

Тренировка. Условия Луны идеально подходят для отработки схемы будущей экспансии. Ведь в будущем нам необходимо осваивать другие планеты. А Луна станет хорошим полигоном. Здесь можно проводить тренировки космонавтов, выращивать первые «космические» растения. Конечно, многое из этого делается и на МКС, но условия на Луне будут гораздо ближе к марсианским. Ну, или любым другим — ведь впереди у человечества много интересных экзопланет, которые надо освоить!

Так что побороться за освоение Луны точно стоит! Только, на мой взгляд, странно это делать политическим путем, пытаясь протолкнуть интересы одной страны. Космос — общий, и исследовать его стоит вместе. От коллективного освоения космоса, объединив все ресурсы, мы только выиграем.

ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Почему все планеты названы в честь римских богов, а Уран — в честь греческого?

Уран имеет необычное название. Остальные планеты Солнечной системы названы в честь римских божеств, но Уран (греч. Οὐρανός) — нет. Планета была названа в честь греческого бога, а не его римского «коллеги» Целуса.

Уран — древнегреческий бог, олицетворяющий небо, супруг Геи (Земли). Породил титанов, нимф, циклопов и т. д. Первый правитель мира и в целом странноватый персонаж. Детей своих не любил, считал страшными уродцами и отправлял назад в утробу Геи. В римской мифологии его называли Целусом: он был отцом Сатурна, а также считался живым воплощением неба.

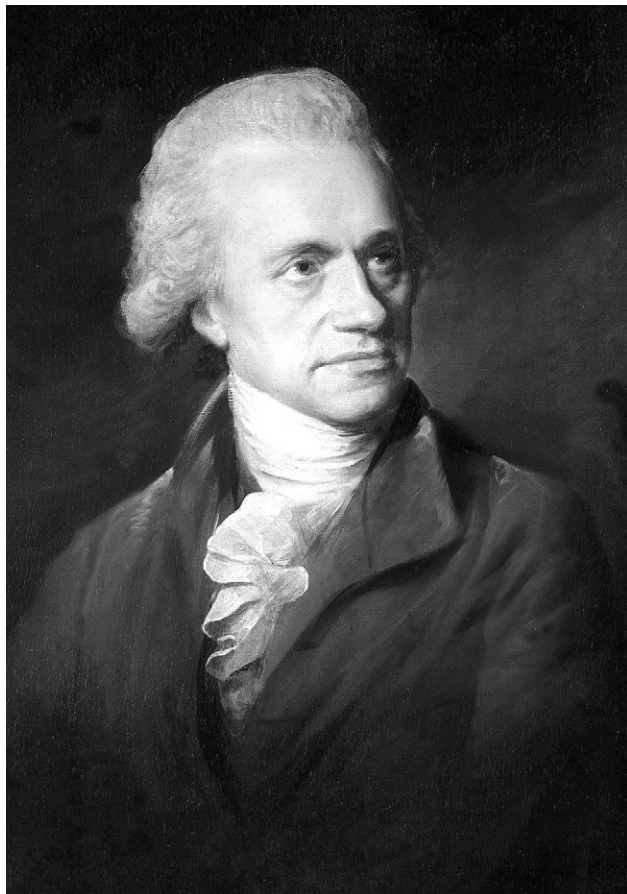
Планеты Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн были известны с древних времен. Названия они получили от древних римлян, которые ассоциировали планеты со своими божествами. А вот история открытия Урана в астрономии уникальна. Древние римляне не знали, что Уран — планета, поэтому и не стали называть именем своего божества.

Уран — очень тусклая планета, которая к тому же очень медленно вращается вокруг Солнца. Полный оборот Уран совершает за 84 земных года. Греческий астроном Гиппарх во II веке до н. э. наблюдал Уран, но думал, что это звезда. Так и обозначил его — как неяркую и далекую звезду. И забыл.

Открыл Уран британский астроном Уильям Гершель в 1781 году. Тогда это открытие всю общественность привело в восторг: это было первое открытие планеты в Новое время. Появилось предложение — назвать планету Нептун. Но Гершель высказался против, отметив, что не стоит делать так, как поступали в «древние сказочные времена». Гершель решил назвать открытую планету в честь британского коро-

ля Георга III. Король его тут же наградил, однако потребовал, чтобы сперва Гершель приехал с телескопом в его резиденцию, чтобы Георг мог лично убедиться в открытии.

Гершель убедил всех, что дело не в попытке польстить монарху. Он заявил, что называть планету по древнеримскому сценарию — например, Минервой (римский вариант Афины), Дианой (римская Артемида) или Юноной (римская Гера) — это анахронизм. А так благодаря названию все будут помнить, когда была открыта планета и когда правил король Георг III (как будто много людей в мире сейчас помнят, когда именно он правил).



Лемюэль Эббот.
Портрет
Уильяма Гершеля.
1785 г.

Так планету и назвали: Георгиум Сидус (планета Георгия) — в честь великого короля Соединенного Королевства Георга III. Но людям за пределами Британии такое название совсем не понравилось. Французский астроном Жозеф Лаланд предложил назвать планету Гершель — в честь первооткрывателя.

Немецкий астроном Иоганн Элерт Боде первым предложил название Уран — по принципу соответствия классической культуре. В классической мифологии Сатурн был отцом Юпитера. А следующую планету надо назвать именем отца Сатурна, то есть Ураном. Боде был хорошим астрономом, но слабо разбирался в мифологии и путался в названиях. В римской мифологии отцом Сатурна является Целус. Это калька с греческой мифологии, где отцом Кроноса является Уран.

Название Уран приживалось целый век. Дольше всего не сдавались британцы, называя свою планету Георгом. Ну а в XIX веке открыли Нептун. Он стал первой планетой, открытие которой было предсказано с помощью математических расчетов. Ученые обнаружили неожиданные изменения орбиты Урана. И связали это с гравитационным влиянием еще одной крупной планеты, которой и оказался Нептун.

Немецкий астроном Иоганн Готфрид Галле, который впервые увидел планету, хотел назвать ее Янусом. Однако научная общественность отдала пальму первенства французскому математику Урбену Леверье, который математически предсказал существование новой планеты. А математик, продолжая классические традиции, назвал планету Нептуном.

ГЛАВА 6

ЮПИТЕР – НЕСОСТОЯВШАЯСЯ ЗВЕЗДА И ЗАЩИТНИК ЗЕМЛИ

Почему Юпитер получился таким большим? Его масса почти в 2,5 раза больше, чем масса всех планет нашей Солнечной системы вместе взятых.

Юпитер начал образовываться раньше других планет Солнечной системы, поэтому успел собрать максимум массы.

У него гигантская магнитосфера. Ученые считают, что это потому, что его ядро состоит из металлизированного водорода. 89% в составе Юпитера – это водород, и 10% – гелий.

Остальное – это другие соединения, такие как метан, аммиак и т. д.

СКОЛЬКО ВЕСИТ ЧЕЛОВЕК НА ЮПИТЕРЕ

Передвигаться по Юпитеру при его большой гравитации было бы очень трудно. Здесь вес объекта будет в 2,5 раза выше, чем на Земле. Поэтому человек весом 70 килограммов на Юпитере будет весить 175 килограммов!

Когда я выступал с лекциями и рассказывал о Юпитере, в аудитории всегда находился любопытный слушатель, у которого возникал вопрос: почему вес тела на Юпитере будет всего в 2,5 раза больше, если его масса аж в 319 раз больше массы Земли?

Здесь вступает в силу классическая путаница понятий «масса» и «вес». Это на Земле мы живем в условиях одинаковой гравитации (да и то есть зависимость от высоты над уровнем моря). У Юпитера же и объем намного больше земного. А как мы помним из школьного курса физики, сила гравитации зависит не только от массы, но и от расстояния.

$$F = G \frac{m^1 m^2}{r^2}$$

G – гравитационная постоянная, которая равна $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$,

m^1 и m^2 – массы объектов, между которыми действует сила притяжения.

А вот в знаменателе – расстояние в квадрате. Чем оно больше, тем гравитация меньше.

Земля – более плотный и компактный объект, чем Юпитер. Поэтому ускорение свободного падения на Юпитере составляет всего 2,535 g.

Формула веса выглядит так:

$$P = mg$$

Если мы хотим узнать, какой вес будет у человека на Юпитере, подставляем известную массу и умножаем на 2,535. Получается, что 100-килограммовый объект здесь будет весить 253,5 кг.

ЮПИТЕР МОГ БЫ СТАТЬ ЗВЕЗДОЙ. А СТАЛ ЗАЩИТНИКОМ ЗЕМЛИ



Так выглядит шторм на Юпитере. Фото *NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Gerald Eichstädt*

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Интересный факт. Как вы помните, у Юпитера есть характерное большое красное пятно. Но знаете ли вы, что это такое? Это огромная область высокого давления в атмосфере Юпитера. И в этом месте бушует самый мощный шторм в нашей Солнечной системе. С Земли в телескоп он и выглядит как красное пятно. И этому шторму уже как минимум 356 лет! Штормы на Юпитере могут длиться веками. И размах у них на порядок больше, чем на Земле.

Однако сейчас красное пятно Юпитера резко сужается. В XIX веке, когда за ним начали активно наблюдать, пятно было в 3 раза больше. Сейчас ширина пятна составляет 16 350 километров, что в 1,3 раза больше Земли. Скорость ветра здесь достигает 432 км/ч.

Юпитер называют «неудавшейся звездой». У него был шанс стать красным карликом, как Проксима Центавра. Юпитер себя ведет в какой-то степени подобно звезде: он излучает. Конечно, каждая планета имеет свой спектр излучения, но Юпитер излучает на 60% больше энергии, чем получает от Солнца. Идут химические реакции внутри планеты и гравитационное сжатие. Поэтому Юпитер излучает преимущественно в инфракрасном диапазоне. Излучение не проходит бесследно: Юпитер уменьшается на 2 сантиметра в год. По оценкам астрофизиков, на заре Солнечной системы Юпитер был в два раза больше и его температура была значительно выше. Если бы Юпитеру удалось собрать массу в четыре раза больше, из него могла бы получиться звезда, которая в дальнейшем притянула бы еще больше массы. Однако это была бы не обычная звезда типа Солнца, а скорее красный карлик. Зато мы имели

бы на небе сразу две звезды, потому что Солнечная система превратилась бы в систему двойных звезд.

Юпитер — как старший брат Земли. За счет большой массы он собирает в себя множество комет и метеоритов, которые могли бы угрожать Земле. Поэтому не стоит расстраиваться, что Юпитер так и не стал звездой. Тогда бы он, напротив, мешал нам и сдвигал орбиту. Орбиты планет в «жилой» зоне в системах двойных звезд обычно нестабильны, потому и жизнь там маловероятна. А в нынешнем виде Юпитер — наш мощный защитник. Ему нипочем сотня-другая астероидов, а жизнь на Земле он спасает сотни миллионов лет.

На этом мы закончим главу об объектах Солнечной системы. У вас может возникнуть резонный вопрос: а как же Венера и Марс? Ведь это очень интересные планеты, которые потенциально можно колонизировать! И они так похожи на нашу Землю. Все верно, поэтому к ним мы обязательно вернемся в главе, посвященной будущей колонизации других планет.

ЧАСТЬ II

ВСЕЛЕННАЯ

Как и в предыдущей части, изучение Вселенной мы начнем с нашего дома – галактики Млечный Путь.

ГЛАВА 7

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Мы много говорим о будущем освоении космоса, но пока слабо представляем себе даже родную галактику. Наш уровень знания космоса даже ниже, чем представления о географии Земли в доколумбовую эпоху. И все-таки человечество накопило про Млечный Путь порядочный пласт информации.

Наша галактика — удивительное место, вместилище самых разных звезд, сверхновых, туманностей, черных дыр и загадочной темной материи.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ НАХОДИТСЯ НА ПУСТЫРЕ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Наша Вселенная чем-то напоминает город — со своими кварталами, ярким, искрящимся разными огнями центром. Если принять эту аналогию, то наш Млечный Путь — это пригородный квартал: находится далеко от основных событий, до него нужно ехать на электричке, а потом еще топтать через лес. И по-

верьте, это прекрасно! В центре нашей галактики очень тесно, гораздо чаще сталкиваются звезды. В таких катастрофах гибнет не только все живое, но и целые планеты. Что уж говорить о маленькой Земле...

Диаметр нашей галактики — 100 тысяч световых лет. Мы же находимся в 20 тысячах световых лет от края галактики. По пропорциям, если бы Млечный Путь был Москвой, Солнечная система находилась бы в Перово или Царицыно. Световой год часто путают с единицей измерения времени (очевидно, влияет слово «год»). На самом деле световой год — это единица измерения длины. Такой путь пройдет свет со скоростью около 300 тысяч километров в секунду за год. Световой год примерно равен 9,4 триллиона километров. Звучит как какая-то гигантская, недостижимая и непостижимая цифра. Однако расстояния между звездами, как правило, равны нескольким световым годам. Самая близкая к Земле звезда — Альфа Центавра. Расстояние до нее — примерно 4,4 световых года. Столько требуется свету, чтобы проделать путь до нас. И сейчас мы видим эту звезду, какой она была, соответственно, 4,4 световых года назад. Увы, мы никогда не сможем узнать точно, как какой-либо космический объект выглядит прямо сейчас.

Солнечная система путешествует по Млечному Пути так же, как Земля вращается вокруг Солнца. Полный оборот вокруг центра Млечного Пути Солнце вместе с планетами делает примерно за 226 миллионов лет. Это называется галактическим годом.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Как ученые понимают, из чего состоят далекие звезды и галактики? Как можно с помощью телескопа оценить состав небесных тел? Ну, видим мы звезду. Как мы понимаем, что в ней водород и гелий, а не, скажем, раскаленное жидкое золото?

На помощь ученым приходит метод спектрального анализа. Атом каждого химического элемента испускает и поглощает волны определенного диапазона. Данные по каждому химическому элементу давно собраны. Приборы на Земле улавливают эти волны. Ученые сравнивают полученную картину с земным шаблоном. Делают поправки на «красное смещение» и т. п., с учетом дальнего расстояния. И понимают, какое вещество есть в составе той или иной звезды и в каком объеме.

ГОЛОДНЫЙ МОНСТР В ЦЕНТРЕ ГАЛАКТИКИ

В центре Млечного Пути находится настоящий монстр – массивная черная дыра весом 4 миллиона солнц, которая захватывает огромные объемы вещества вокруг. Хотя самого монстра ученые не видят, но это легко отследить по косвенным признакам. Звезды в центре Млечного Пути вращаются вокруг сверхмассивного объекта. Со временем многие притягиваются к нему и исчезают в его пучине (важный аргумент не жить в центре галактики).

В центре нашей галактики звезды вообще расположены очень плотно – в сотни раз ближе друг к другу, чем в окрестностях Солнца. Если где-то там есть жизнь, то она не знает, что такое ночь. Если скрылась родная звезда, то звездное небо даже ночью будет достаточно ярким.

ЧТО УВИДЯТ ИНОПЛАНЕТЯНЕ, ЕСЛИ ПОСМОТРЯТ НА ЗЕМЛЮ С ДРУГОГО КОНЦА ГАЛАКТИКИ?

Представьте себе гипотетическую картину. На другом конце нашей галактики есть инопланетяне, которые создали высокотехнологичный телескоп. Что они увидят, если посмотрят

на Солнечную систему и Землю? Солнечная система расположена ближе к периферии галактики. До противоположного конца от нас примерно 80 тысяч световых лет. А значит, взору инопланетян открылись бы события, которые происходили на Земле в то время. Это был пик Ледникового периода. Homo sapiens в современном виде только-только появился. Наши предки кроманьонцы еще не выбрались из Африки. До их конфликта с неандертальцами и начала экспансии в Европу остается еще 30 тысяч лет.

А что же инопланетяне? Они сделают вывод, что ничего серьезного на Земле не происходит. Возможно, пометят ее как еще одну «планету, пригодную для жизни». И продолжат считать, что они одиноки во Вселенной.

Возможно, и мы, когда смотрим в телескоп, видим пустоту. А за десятки тысяч лет инопланетные расы развились и уже всю осваивают новые звездные системы. Что ж, скоро узнаем. Осталось подождать каких-нибудь 80 тысяч лет.

МЫ НЕ ЗНАЕМ, СКОЛЬКО ИМЕННО ЗВЕЗД В МЛЕЧНОМ ПУТИ

Ну, это не удивительно. Мы даже не знаем, сколько именно людей живет в Москве, что уж говорить о галактике!

Как многие приезжие успешно прячутся от переписи населения, так и слабые звезды уходят от бдительного взора астрономов. По сути, мы видим только самые яркие звезды в нашей галактике. Очень много звезд почти не испускают света, некоторые скрыты газом и пылью.

Поэтому астрономы не доверяют только телескопам, а пытаются сосчитать звезды через физические характеристики. Например, через массу галактики, которую можно высчитать по скоростным характеристикам.

Но эти оценки все равно являются приблизительными. Спутник Gaia Европейского космического агентства составил карту с 1 миллиардом звезд Млечного Пути. По мнению ученых, это менее 1% от реальной картины и в нашей галактике — 200–400 миллиардов звезд. Ответ, скорее всего, мы узнаем только в эпоху Нового Колумба, когда сможем свободно путешествовать по галактике.

СКОЛЬКО ВЕСИТ МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Оценка тоже будет очень приблизительной. Астрофизики из Университета Аризоны оценили массу нашей галактики в 1–2 триллиона масс нашего Солнца.

Большая часть — до 85% — приходится на так называемую темную материю. Что это такое, пока непонятно, так как она не излучает свет и зафиксировать ее невозможно. Это может быть как совокупная масса «всего не яркого» — то есть черные дыры, газ, пыль и т. п., — так и принципиально новый вид вещества.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ ≡

Думаете, что на фото на с. 70 на самом деле наша галактика Млечный Путь?

У нас нет реальных фотографий нашей галактики. Мы пока — даже на уровне небольших космических аппаратов — не смогли покинуть пределы галактики, чтобы ее сфотографировать. Большинство фотографий на самом деле относятся к другой спиральной галактике из созвездия Рыб, которая называется Мессье 74.



М 74 (Messier 74), спиральная галактика. Фото NASA/ESA

НАША ГАЛАКТИКА НАСЫЩЕНА ТОКСИЧНЫМИ ЖИРАМИ

Между звездами в нашей галактике летают скопления жира. Это масляные органические молекулы, известные в химии как алифатические углеродные соединения. В химии это соединения жирного ряда, подобные смолам. Они образуются у некоторых звезд.

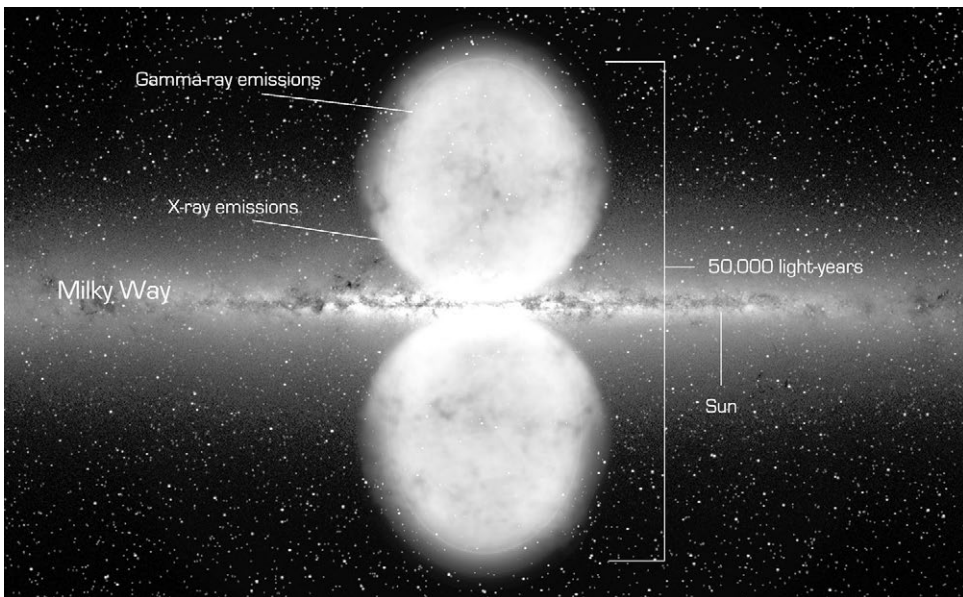
Ученые считают, что 30% межзвездного углерода, наполняющего космическое пространство, может состоять именно из этих жиров.

А углерод, в свою очередь, — важный строительный материал для клеток живых существ. Раз его так много в галактике — значит, и вероятность, что где-то еще есть жизнь, не так уж мала.

НАША ГАЛАКТИКА ИСПУСКАЕТ ТАИНСТВЕННЫЕ ПУЗЫРИ

Эти загадочные объекты открыли всего 9 лет назад. Перпендикулярно диску нашей галактики из нее испускаются два гигантских пузыря. Ученые назвали их пузырями Ферми — в честь телескопа, который их обнаружил. Без специальных устройств их не увидеть — они испускаются в гамма-излучении.

Что это такое, до конца неясно. Вероятнее всего, это было какое-то мощное энергетическое событие — взрыв нескольких



Гамма-рентгеновские пузыри Ферми. Иллюстрация *Goddard Space Flight Center, NASA*

сверхновых. И тогда сверхмассивная черная дыра в центре галактики поглотила огромные скопления газа и пыли. А пузыри — энергетический след этого события.

ЧТО НАХОДИТСЯ НА КРАЮ МЛЕЧНОГО ПУТИ

Границы Млечного Пути размыты. Пока ведутся дискуссии, где именно находится его край. Галактики не заканчиваются просто так, резко обрываясь. Звезды просто встречаются все реже и реже, пока совсем не исчезают.

Однако если говорить о нашей Солнечной системе, мы находимся ближе к периферии Млечного Пути. Что, как уже было сказано, к лучшему: нет такого массового скопления вещества и звезд (а с ним — и опасностей столкновений, взрывов сверхновых, притяжения черных дыр и т. п.), как в ядре галактики. За краем Млечного Пути — разреженное пространство. И у нас есть четыре ближайших соседа.

Андромеда. Ближайший крупный сосед Млечного Пути. Она намного крупнее нашей галактики. В ней как минимум в три раза больше звезд. Андромеда летит в нашу сторону, и через несколько миллиардов лет наши галактики встретятся.

NGC 2419 — шаровое скопление в созвездии Рысь. Второе его название — Галактический Бродяга. Так его прозвали за то, что обычно подобные скопления находятся ближе к ядру Млечного Пути, а Галактический Бродяга вращается вокруг нашей галактики по длинной орбите, для полного оборота по которой требуется до 3 миллиардов лет.

Большое и Малое Магеллановы Облака. Это карликовые галактики, которые притягиваются Млечным Путем. Наша галактика поглотит их ориентировочно через 4 миллиарда лет.

Будущее Млечного Пути прочно связано с этими соседями.

НАШИ СПУТНИКИ. БОЛЬШОЕ И МАЛОЕ МАГЕЛЛАНОВЫ ОБЛАКА

Вокруг Млечного Пути вращаются небольшие галактики. Их можно увидеть невооруженным глазом, как это сделал когда-то Фернан Магеллан в XVI веке. Он заметил несколько круговых скоплений звезд, которые потом в честь него и назвали Малым и Большим Магеллановыми Облаками. Эти маленькие галактики — спутники нашего Млечного Пути. Со временем они сольются с нашей галактикой и станут ее частью.

Магеллановы Облака имеют в своем составе более молодые звезды, чем Млечный Путь. Да и содержание тяжелых элементов в них ниже. Млечный Путь в далеком прошлом поглощал другие галактики. Процесс поглощения более крупными более мелких — норма в природе, как в живой, так и неживой.

Млечный Путь тоже собирался в большую галактику постепенно, по дороге захватывая карликовые скопления звезд. Одной из таких поглощенных галактик является Омега Центавра. Ученые пришли к выводу, что это скопление возникло не случайно, а является ядром галактики, которую когда-то поглотил наш Млечный Путь. Вероятнее всего, в центре Омега Центавра находится черная дыра, как это традиционно бывает во многих галактиках.

Но самый интересный факт про нашу галактику находится в далеком будущем. Ведь Млечный Путь завершит свой путь (простите за каламбур!) красивейшей космической катастрофой.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ СТОЛКНЕТСЯ С СОСЕДОМ ЧЕРЕЗ 4 МИЛЛИАРДА ЛЕТ

Помните, я писал, что наша галактика — это пригородный квартал? Вспомните, как быстро расширяется Москва, как далекие прежде дачные поселки теперь застраиваются небоскреба-

ми. Так и в космосе. Сейчас идет сближение галактик Млечный Путь и Андромеда. Наш сосед — та самая туманность Андромеды, один из немногих объектов за пределами нашей галактики, который мы можем увидеть невооруженным взглядом.

Ничто не вечно в нашем мире, и ночное небо — не исключение. К нам навстречу с бешеной скоростью летит галактика Андромеды. Через 2 миллиарда лет в ночном небе она будет светить ярче нашей Луны.

А через 4 миллиарда лет случится большая космическая катастрофа — две галактики столкнутся. Со всеми вытекающими. То есть многие звезды столкнутся друг с другом, будут взрывы, в межзвездное пространство выплеснутся триллионы тонн материи.

После крушения более массивная галактика Андромеды поглотит Млечный Путь. По оценкам астрофизиков, Андромеда в 3–5 раз больше нашей галактики. Выше уже было отмечено, что в космосе, как в жизни: более крупные, как правило, поглощают более слабых и мелких.

Андромеду можно увидеть и сейчас. Это та самая «Туманность Андромеды», которая фигурирует в нашей литературе и кинематографе. Почему туманность? Потому что персидские астрономы, которые впервые ее обнаружили, описали Андромеду как небольшое облачко. Небольшое... пока что. Но все изменится в течение каких-нибудь двух миллиардов лет.

То, что Андромеда — не туманность, а галактика, ученые узнали совсем недавно. В 1924 году это открыл астроном и космолог Эдвин Хаббл — тот самый, в честь которого назвали знаменитый телескоп. В дальнейшем стало понятно, что галактика Андромеды — не простой сосед. Наша галактика Млечный Путь и галактика Андромеды летят навстречу друг другу с огромной скоростью. И через 4 миллиарда лет наши галактики столкнутся. Вследствие космической катастрофы образуется новая, громадная галактика.

Итак, Андромеда поглотит Млечный Путь, но не все так страшно. Астрофизики посчитали, что с учетом больших расстояний между звездами большинство из них не столкнется. Звезды просто перемешаются, и получится более плотная и крупная галактика.

Ночное небо через 2 миллиарда лет с Земли будет выглядеть примерно так:



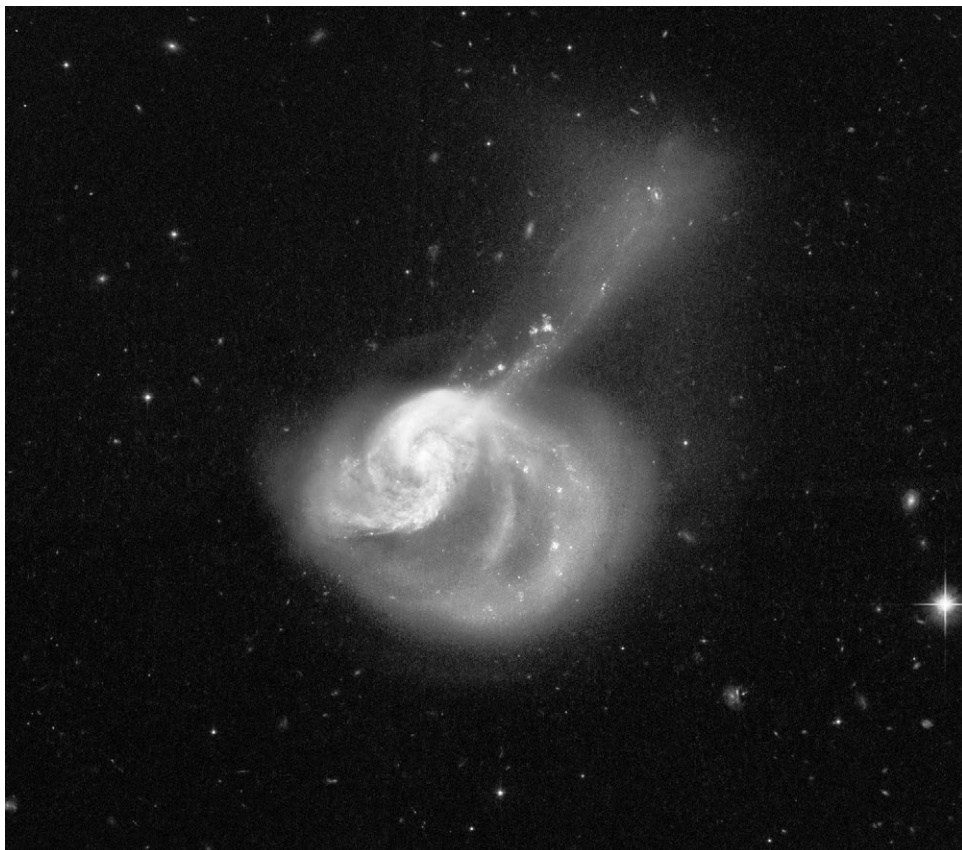
Луна, в свою очередь, будет удаляться от Земли и уменьшаться в размерах. Луна отдаляется от Земли примерно на 4 сантиметра в год. Значит, через 2 миллиарда лет она отлетит от Земли почти на 80 тысяч километров. Это 20% от нынешнего расстояния между Землей и Луной.

Недавно специалисты NASA смогли зафиксировать аналогичную катастрофу, которая произошла в других галактиках. Это позволит нам в реальном времени изучить события, которые ждут в будущем наш Млечный Путь. Странную галактику уловил

космический телескоп «Хаббл». Она образовалась в результате слияния двух галактик, которые столкнулись друг с другом.

Речь идет о галактике NGC 1614 (меня всегда удивляло, какие скромные имена получают интереснейшие космические объекты. Как будто заключенные в тюрьме получают номера). Впервые ее обнаружили астрономы еще в 1885 году, но изучить галактику детально удалось только сейчас.

У этой галактики образовался длинный хвост, который тянется от центра. Издалека она напоминает головастика. Хвост — поток межзвездного газа и отдельных звезд от меньшей галактики, которая столкнулась с более крупной.



Спиральная галактика NGC 1614. Фото NASA/ESA

Что ждет Солнечную систему после столкновения галактик? Возможно, что ничего страшного. Межзвездные расстояния велики, и большинство звезд после столкновения галактик просто перемешаются. Солнечная система находится на периферии Млечного Пути. Поэтому, скорее всего, так и останется на обочине галактики — только уже намного более крупной.

Согласно расчетам астрофизиков, есть вероятность в 12%, что Солнечную систему выбросит за пределы новой галактики. Улетит в таком вот хвосте, как у «головастика» NGC 1614, а затем и в принципе отправится в путешествие в открытом космосе.

Но для жизни на Земле это уже не будет иметь значения. Как вы прекрасно помните из первой главы, Солнце к тому моменту станет красным гигантом и поглотит нашу планету. Поэтому самое время будет переселиться на другие. Например, на те, что находятся в новой галактике — Андромеде. И уже оттуда наблюдать за судьбой нашей родной звезды.

Наблюдая за галактикой NGC 1614, ученые NASA полагают, что самый вероятный сценарий катастрофы — образование новой мегагалактики. Большинство звезд перемешается. Часть вылетит прочь из галактики. А мощные столкновения будут лишь в эпицентре, где сольются ядра галактик.

ГЛАВА 8

ХИМИКИ ВСЕЛЕННОЙ. ПОЧЕМУ УМИРАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ НАЗЫВАЮТ СВЕРХНОВЫМИ

Сверхновые – интересные объекты, которые влияют на химическую эволюцию наших галактик. Крупные звезды, которые массивнее нашего Солнца, заканчивают жизнь яркой вспышкой, которая и называется сверхновой.

Взрывы сверхновых человечество наблюдало не раз. Одну из самых известных сверхновых наблюдали в 1054 году, об этом сохранилось много информации, записанной арабскими и китайскими астрономами. Сверхновая была видна даже днем. А ночи из-за нее были намного светлее. Длилось это 23 дня. При этом сверхновая расположена от нас очень далеко – на расстоянии в 6500 световых лет! Мы и сейчас видим последствия этого события – в этом месте образовалась Крабовидная туманность.

Последний взрыв сверхновой, который было видно невооруженным глазом, люди наблюдали в 1604 году. Это была вспышка в созвездии Змееносца, ее описал знаменитый астроном Иоганн Кеплер.

Сверхновые в большом количестве появляются каждый день по всей Вселенной. Только видны они лишь астрономам. Для человечества очень хорошо, что взрывы сверхновых происходят далеко. Если бы взорвалась одна из соседних звезд, это могло бы привести к гибели живого на нашей планете из-за сильной радиации. Но все массивные звезды, которые могут взорваться как сверхновые, находятся очень далеко от нас.

Парадокс, что фактическую гибель звезды называют сверхновой, но это связано с историей исследования звезд. Когда на небе в «пустом» пространстве, где ничего раньше не было, загоралась звезда, ее называли новой звездой. Автор названия — астроном эпохи Возрождения Тихо Браге, который детально описал такую вспышку. Когда неожиданно в небе начинает ярко-ярко гореть звезда — она затмевает все остальные. Поэтому ее называли сверхновой.

На самом деле объекты там, конечно, были. Вспышка происходила не в пустоте. Просто далекие звезды с оборудованием XVII века разглядеть было трудно. До взрыва объект представляет из себя красного гиганта. После взрыва он сбрасывает оболочку. В звезде выгорает большая часть вещества, и она уже не может поддерживать баланс. Оболочка улетает в космос на огромной скорости. В дальнейшем в этом месте образуется туманность. В более редких случаях так взрываются белые карлики. Как правило, это происходит в системах двойных звезд.

Оставшееся ядро звезды начинает сжиматься. В зависимости от массы первоначальной звезды получится один из двух объектов: либо нейтронная звезда, либо — если масса превышает 40 солнц — черная дыра.



Так может выглядеть Бетельгейзе с поверхности одной из своих планет.
Иллюстрация

Следующий взрыв в Млечном Пути, как ожидают астрономы, произойдет в созвездии Ориона. Взорваться должен старый красный гигант — Бетельгейзе. Произойти это событие может в любой момент. Хотя большинство астрофизиков считают, что у Бетельгейзе в запасе все-таки есть несколько миллионов лет.

ХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Ну а для нас сверхновые имеют огромное значение, ведь они отвечают за химическую эволюцию галактик. Выбрасывают вещество, в котором заложена вся таблица Менделеева.

Взрывы сверхновых — основной источник пополнения межзвездной среды элементами, которые тяжелее гелия. Они образуются в недрах звезд в результате термоядерных реакций и после взрыва вылетают в космос.



Золото — драгоценный металл, из-за которого сломано так много копий, — когда-то образовалось в недрах массивных звезд и разлетелось по всей галактике

Без сверхновых концентрация на Земле важных для нас элементов — от кислорода и углерода до железа и золота — была бы на порядок ниже. Причем если первые два еще относительно распространены, то подавляющее большинство тяжелых металлов — это остатки после взрывов сверхновых.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ ≡

За всю историю человечества было добыто 166,5 тысяч тонн золота.

Большая часть — 50% — была направлена на изготовление ювелирных изделий, 12% — на технические нужды. Если сложить все добытое золото, то получится куб со сторонами 20,5 метра. Не так уж много. А сколько человек полегло в битвах за этот дефицитный металл!

Золото не образуется в недрах земли. Все золото на нашей планете имеет космическое происхождение. Оно об-

разуется в недрах массивных звезд и разносится по галактикам после того, как звезды взорвутся как сверхновые.

Столкновение нейтронных звезд — также один из распространенных путей появления драгоценных металлов во Вселенной, как считал Стивен Хокинг. В этот момент выделяется огромное количество энергии, что приводит к образованию тяжелых элементов, которые после взрыва разбрасываются по космосу.

Также сверхновые стимулируют звездообразование, пополняя запасы межзвездного газа. Для появления жизни в галактике должны образовываться новые звезды. Процесс должен быть постоянным. С элементами таблицы Менделеева мы разобрались. Но из золота жизнь не возникнет. Откуда жизнь берет строительный материал? Оказывается, во Вселенной много органики!

ОРГАНИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ЖИЗНИ. ЧТО НАШЛИ УЧЕННЫЕ В МЕТЕОРИТЕ, КОТОРЫЙ НА 3 МИЛЛИАРДА ЛЕТ СТАРШЕ ЗЕМЛИ

С неживой природой все более или менее ясно. А как обстоят дела с органикой? Как оказалось, органического вещества во Вселенной довольно много. Ученые регулярно находят следы органических веществ на метеоритах.

Мурчисонский метеорит — один из самых древних, когда-то падавших на нашу планету. В его составе ученые нашли много любопытного. И это логично — ведь метеорит существовал еще до появления Солнца. Самое интересное из того, что было в метеорите, — множество органических соединений. За это ученые

прозвали его «самым живым» метеоритом. Вещество, входящее в состав метеорита, образовалось 4,5–7 миллиардов лет назад. Значит, в его составе есть элементы, которые на 3 миллиарда лет старше нашей планеты!

Вероятно, в истории Земли были и более древние метеориты. Но большинство из них упали на нашу планету на заре ее существования, когда у Земли еще не было мощной атмосферы. Да и планета была раскаленной и с более жидкой консистенцией. Метеоритное вещество, таким образом, проваливалось в нижние слои.

Мурчисонский метеорит упал 28 сентября 1969 года в Австралии, вблизи деревни Мурчисон неподалеку от Мельбурна. Метеорит весил свыше 100 килограммов, но раскололся при падении на множество фрагментов.

Метеорит был известен давно, но ученые смогли полноценно исследовать его только в последние годы: в XX веке лабораторных мощностей не хватало для столь детального анализа.



Фрагмент Мурчисонского метеорита. Фото из архива *Shutterstock*

Основа метеорита — так называемые досолнечные реликты (второе название — досолнечные зерна). Это частицы минералов, которые собирались вокруг умирающих звезд еще до появления Солнечной системы. Состоят частицы в основном из карбида кремния. Это старейшие твердые вещества на Земле.

Семь миллиардов лет назад в нашей галактике происходило интенсивное звездообразование. К моменту появления Солнца, 4,57 миллиарда лет назад, процесс бурного образования звезд уже начал угасать. Изотопный состав частиц указывает на то, что они остались после взрыва сверхновой. Это была звезда с массой примерно в 25 раз больше нашего Солнца.

Международная команда ученых во главе с Йосихиро Фурукавой из Университета Тохоку детально изучила состав метеорита. Всего было найдено 14 тысяч различных органических соединений. Самые интересные из них — аминокислоты и органические вещества, входящие в состав ДНК и РНК. Разберем их подробнее. В метеорите удалось обнаружить свыше 70 аминокислот. В частности, он содержал аланин, глицин, валин, лейцин, изолейцин, пролин, которые часто встречаются в белках на Земле.

Если вы когда-нибудь увлекались спортом и спортивной диетологией, то сразу поймете, сколько полезного было в этом метеорите. Такое ощущение, что это просто инопланетный атлет сделал заказ из магазина спортивного питания на свою какую-нибудь Альфа Центавру (по меркам космоса — подъезд по соседству от нас). Метеоритный курьер запутался и принес не туда, а на нашу Землю.

Глицин (аминоуксусную кислоту) многие покупают в аптеках как успокаивающее перед сном и для улучшения памяти. Глициновые рецепторы находятся в большом количестве в головном и спинном мозге. Он оказывает тормозящее воздействие. Это простейшая стабильная аминокислота, которой много в органических тканях. Глицин также регулярно находят в межзвездной среде.

Найденные аминокислоты – незаменимые кирпичики для появления жизни. Дальнейшие исследования космоса показали, что в нашей галактике много подобных соединений. А значит, существует вероятность возникновения жизни на других планетах. Однако и это еще не все. Кроме аминокислот, в составе метеорита обнаружены пурины и пиримидины. Они входят в состав нуклеотидов и нуклеозидов, которые являются важными структурными элементами ДНК и РНК, а также входят в состав источника энергии – АТФ.

Философ-позитивист Огюст Конт в 1835 году сказал: «Наука – это прекрасно! Но вы никогда не узнаете, из чего состоят Солнце и звезды». Прошло 25 лет, и немецкие физики Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф изобрели первый спектрометр. С помощью спектрального анализа можно разложить свет звезд и понять, какое вещество его испускает. А значит, узнать, из чего состоят звезды. Люди узнали и были поражены: у звезд то же самое вещество, что есть и на нашей Земле! И действуют те же законы физики.

То же сейчас происходит и с органикой. Это не прерогатива нашей планеты. Органических соединений очень много во Вселенной. А значит, высока вероятность, что где-то еще, на других планетах, им выпал шанс соединиться в причудливую форму под названием «жизнь».

«СЛАДКИЙ» МЕТЕОРИТ

В 2019 году на метеорите впервые нашли сахар. И это не рафинад. Не подумайте, не то чтобы какой-то инопланетянин захотел попить чайку, а тут – бац – люди! Впопыхах убежал и сахар рассыпал. Речь идет об углеводных соединениях, которые называются сахарами и входят в состав в том числе ДНК и РНК. А значит, являются одним из базовых элементов органической жизни.

Группа ученых из Японского агентства аэрокосмических исследований изучила данные, полученные с помощью космического аппарата NASA OSIRIS-REx с двух небольших астероидов Рюгу и Бенну. И каково же было их удивление, когда они обнаружили в составе астероидов сахар, который необходим для формирования жизни!

Это открытие подтвердило важную гипотезу: химические реакции на космических объектах могут привести к созданию базовых для появления жизни элементов. То есть неорганическая материя в космосе способна породить сложные органические соединения, которые лежат в основе жизни.

Ученые изучали метеориты, богатые углеродами, и обнаружили на них несколько видов сахаров, в частности рибозу, арабинозу и ксилозу. Рибоза является ключевым компонентом РНК. Эта молекула играет важную роль — кодирует генетическую информацию. Образно говоря, РНК — это инструкция для организма, как синтезировать белок. А ДНК — автор этой инструкции.

«Раньше на метеоритах уже находили другие компоненты, важные для жизни. Например, аминокислоты, из которых состоят белки, и базовые элементы для нуклеиновых кислот, которые нужны для ДНК и РНК. Но сахар до сих пор найти не удавалось!» — говорит ведущий автор исследования Есихиро Фурукава из Университета Тохоку. — *Сахара — это была последняя недостающая часть среди строительных блоков, из которых строится жизнь».*

Вечная загадка происхождения жизни — как живая материя могла возникнуть из неживой с помощью химических процессов. И, похоже, все базовые органические элементы есть в космосе. Они могут образовываться из неживой материи.

Органические вещества образуются из неорганических во время столкновения частиц на высоких скоростях. Такое возможно в условиях высокой плотности, температуры — например, когда образуются или сталкиваются звезды.

А уже из простых органических соединений типа метанола синтезируются более сложные вещества. При столкновении звезд, как брызги во время взрыва, образуются метеориты, которые разносят органические вещества по всей галактике. Скорее всего, когда-то именно таким образом они были занесены на Землю. И, попав в благодатный край, дали начало жизни на нашей планете.

В КОСМОСЕ ЕСТЬ ГИГАНТСКИЕ РЕЗЕРВУАРЫ С ОРГАНИЧЕСКИМИ МОЛЕКУЛАМИ

Астрофизики обнаружили резервуары для органических молекул, которые необходимы для возникновения жизни. Вокруг молодых звезд образуются диски плотного газа, которые вращаются вокруг звезды. Это так называемые протопланетные диски, из них потом и образуются планеты. Процесс образования планет из дисков занимает от нескольких сотен тысяч до миллионов лет. То есть, по меркам Вселенной, происходит довольно быстро.

Ученые изучили протопланетные диски у нескольких недавно образованных звезд. И обнаружили в них залежи больших органических молекул. Оказалось, что базовые химические условия, которые привели к возникновению жизни на Земле, могли быть широко представлены в нашей галактике, как считает астрофизик Джон Или из Университета Лидса.

Эти молекулы являются ступеньками между простыми молекулами, например оксидом углерода, и сложными органическими, которые нужны для создания жизни. Из этих «сырьевых ингредиентов» потом формируются сахара, аминокислоты и компоненты РНК. Такие диски окружали когда-то и молодое Солнце. Из них образовались планеты.

Для изучения «космических» молекул ученые использовали телескоп ALMA, который находится в Чили на высоте 5 киломе-

тров. Телескоп улавливает даже очень слабые сигналы. Каждая молекула изучает уникальный спектр волн, оставляя неповторимый отпечаток. И структуру вещества в отдаленных частях космоса можно узнать по этим своеобразным «отпечаткам пальцев». Они позволяют ученым определять присутствие молекул и исследовать их свойства.

Прежде всего ученые искали присутствие трех молекул: цианоацетилен (HC_3N), ацетонитрил (CH_3CN) (нитрил уксусной кислоты, используется как растворитель) и циклопропенилиден ($\text{c-C}_3\text{H}_2$). Эти молекулы были необходимы для появления жизни на нашей планете 4 миллиарда лет назад.

Ученые обнаружили эти органические молекулы в четырех из пяти наблюдаемых дисков. Кроме того, количество молекул оказалось значительно выше, чем ожидалось. «Молекулы расположены преимущественно во внутренних областях протопланетных дисков. Их оказалось в 10–100 раз больше, чем предсказывали математические модели», — заявил Джон Или.

Получается, что шансы на то, что даже в нашей галактике есть жизнь, намного выше, чем считалось ранее. Ведь все строительные кирпичики уже на месте! Что ж, как видите, в нашей Вселенной есть достаточно органического материала, чтобы строить жизнь во всем ее многообразии.

Получается, что все мы состоим из частичек, которые были созданы миллиарды лет назад и вышли из недр гигантских звезд, которые когда-то взорвались как сверхновые.

ГЛАВА 9

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Черные дыры – пожалуй, самый интересный космический объект для любого человека, не связанного в своей профессиональной деятельности с космосом. Насколько черные дыры интересны обычным людям, настолько про них не любят рассуждать астрофизики. Это сложные объекты, которые довольно неплохо исследованы. Они играют серьезную роль в развитии наших галактик. Но изучение черных дыр особого удовольствия астрофизикам не приносит. Это суровые объекты, которые напоминают о бренности нашего бытия.

Черная дыра – это объект гигантской массы. При этом компактно упакованный. Это наделяет черную дыру удивительными свойствами: она может затягивать в себя даже свет! Фотоны не могут свободно пролететь мимо, не будучи затянутыми этим гигантским космическим монстром.

Важный момент, о котором часто забывают: сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния. Чем больше расстояние, тем слабее притяжение. А компактные размеры черной дыры при гигантской массе дают ей супергравитацию.

Ее гравитация настолько плотная, что сдавливает вещество максимально. Ведь в атомах на самом деле много пустоты. Ядро и электрон занимают лишь небольшую часть атома.

Главная особенность черной дыры – у нее есть так называемый горизонт событий. Это граница, за которой исчезает все, даже свет. Никакая информация, попав в черную дыру, не может из нее ускользнуть. Обратного пути у вещества, которое прошло горизонт событий, уже нет. Если максимально упростить, то горизонт событий – это та линия, где скорость, с которой нужно вырваться из черной дыры, превышает скорость света. Вам нужно двигаться быстрее света (что невозможно для любого вида материи), чтобы вырваться из цепких лап гравитации черной дыры. Она эффективно собирает и складывает в своих недрах вещество.

Черную дыру можно смело назвать перфекционистом среди материальных объектов. Если бы черная дыра была человеком, из нее получился бы идеальный дизайнер интерьеров. В скромную «однушку» этот дизайнер уместил бы вещи целой многоэтажки, максимально четко и компактно разложив их по полочкам.

КАК УЧЕНЫЕ МОГУТ ОБНАРУЖИТЬ ЧЕРНУЮ ДЫРУ, ЕСЛИ ОНА НЕ ИСПУСКАЕТ СВЕТ?

Действительно, напрямую черную дыру увидеть нельзя. Но можно заметить по проявлениям.

Во-первых, через систему двойных звезд, одна из которых – черная дыра. Она начинает постепенно забирать вещество у своей «сестры», и этот процесс хорошо заметен. С помощью гравитации она засасывает в себя поток плазмы и газа. На данный момент это самый распространенный способ обнаружения черных дыр.

Во-вторых, через перепады светимости далеких звезд. Когда черная дыра пролетает между звездой и Землей, где расположены наши телескопы, она забирает себе часть света. Звезда резко тускнеет.

Также сверхмассивные черные дыры можно заметить по так называемому аккреционному диску. Черная дыра затягивает в себя гигантские объемы вещества, которые начинают крутиться вокруг нее на огромных скоростях. Из-за высокой вязкости возникает сила трения, которая заставляет материю светиться.

Сверхмассивные дыры часто находятся в центрах галактик, из-за чего те ярко светятся.

Черная дыра раскручивает вокруг себя вещество с огромной скоростью. Для сравнения: Меркурий, который находится максимально близко к Солнцу, движется вокруг нашего светила со скоростью около 48 км/с, а звезды и другие космические объекты, захваченные черной дырой и вращающиеся вокруг нее, разгоняются до 5000 км/с.

КАК ЧЕРНАЯ ДЫРА ЗАТЯГИВАЕТ СВЕТ, ЕСЛИ ОН НЕ ИМЕЕТ МАССЫ?

Если фотон не имеет массы, почему свет затягивается в черную дыру под действием гравитации?

Частица света — фотон — относится к безмассовым частицам. То есть его масса равна нулю. Такие частицы всегда движутся со скоростью света. Безмассовые частицы могут менять направление движения, энергию и импульс.

Импульс релятивистской частицы (то есть частицы, которая движется со скоростью, близкой к скорости света) считается не по методам классической физики, поэтому частицы с нулевой массой вполне могут его иметь. Энергия высчитывается по следующей формуле:

$$E = c \sqrt{p^2 + m^2 c^2}$$

Дальше подставляем массу фотона $m = 0$. Зная энергию, вычисляем импульс. Импульс фотона:

$$P = E/c = hv/c = h/\lambda.$$

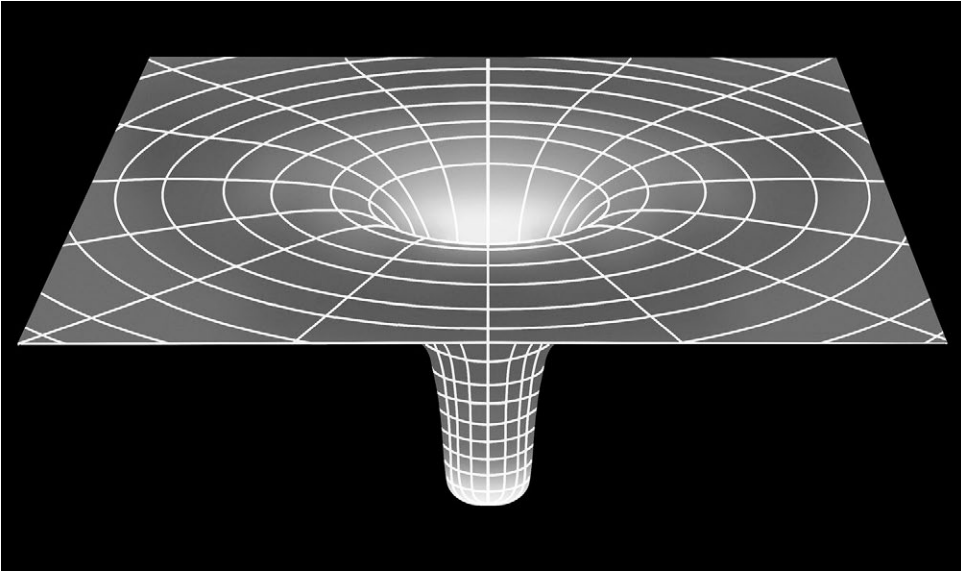
Здесь h — константа, постоянная Планка. Импульс зависит от длины волны. Чем меньше длина волны, тем больше импульс. Поэтому фотоны фиолетового цвета имеют импульс и энергию больше, чем фотоны красного цвета.

Черная дыра притягивает вещество с помощью своей гигантской гравитации. Как же она затягивает безмассовую частицу? Ведь, как мы прекрасно помним, сила притяжения зависит от произведения масс. Если у одного из объектов масса равна нулю, то и сила притяжения, соответственно, равна нулю. Как же черная дыра притягивает фотон?

С точки зрения ньютоновской гравитации это и правда невозможно. Но объекты типа черных дыр нельзя просчитать с помощью ньютоновской физики. Для них используют общую теорию относительности.

Здесь пространство-время искривлено материей. Все объекты продолжают двигаться по прямым траекториям так же, как двигались раньше. Просто пространство-время здесь бесконечно искривлено.

Черная дыра создает так называемый гравитационный колодец. Принцип его такой. Представьте себе бесконечный колодец. Если в него упадет, скажем, капля воды, она будет двигаться по прямой. И бесконечно долго. Но с внешней стороны капля просто исчезла, хотя она существует и движется. Фотон и дальше продолжает лететь по прямой линии, но для наблюдателя он скрыт. Исчез, так как залетел в гравитационный колодец. Ведь фотону нужно пространство, чтобы двигаться, — он летит по траектории.



Гравитационный колодец. Иллюстрация

Представьте себе шоссе. Вы можете ехать только там, где проложен асфальт. А теперь представьте, что само шоссе движется с такой скоростью, что даже если вы попытаетесь повернуть назад и двигаться против движения шоссе — вы не сможете.

Если свет попал внутрь черной дыры, тут пространство растягивается таким образом, что фотонам, чтобы выбраться, нужно суметь изменить направление и двигаться быстрее света. Для фотона это невозможно. К тому же фотон не пропадает в черной дыре навсегда. Черная дыра постепенно испаряется, испуская частицы.

Гравитация не может замедлить фотоны, но она забирает у них энергию, поэтому они смещаются в красную область. То есть выходят уже ослабленными, красного спектра. Это уже не те фотоны, которые когда-то в нее залетели (подробнее см. далее главу «Черные дыры со временем испаряются», этот эффект называется излучением Хокинга).

Впрочем, масса фотона в некоторых случаях может быть и не нулевой. Это гипотетический тяжелый фотон, эксперименталь-

но пока не обнаруженный. И он может обладать массой, просто очень маленькой. По оценкам астрофизика Дмитрия Будкера из университета Гутенберга, масса тяжелого фотона не может превышать 10 в -18 степени электронвольт (в физике электронвольтами измеряют массу микрочастиц). В таком случае черные дыры могут взаимодействовать с фотонами, притягивая их с помощью классической гравитации.

ЧТО НАХОДИТСЯ ЗА ГОРИЗОНТОМ СОБЫТИЙ

Согласно общей теории относительности, черные дыры пусты. За горизонтом событий — пустота. А вся масса черной дыры сосредоточена в безразмерной точке, называемой сингулярностью. Поэтому упасть на нее и разбиться в привычном понимании этого слова не получится.

Но по отношению к сингулярности название «дыра» не совсем корректно. Дыра подразумевает пустоту, а это небесное тело, напротив, — максимально сжатый комок вещества. Но раз уж закрепился термин когда-то в науке, не так просто его поменять. «Дыра» — это скорее метафорическая, художественная интерпретация.

Ведь если что-то — свет или материя — попало в дыру, назад пути нет. И на фоне космоса она черная, так как практически ничего не излучает. Свет она не отражает, а захватывает, не выпуская из цепких объятий плотной материи.

Согласно уравнениям Эйнштейна, которые не раз подтверждались на практике, пространство и время не существуют сами по себе. Они связаны с объектом, зависят от его массы. Пространство-время искривляется даже рядом с вами, когда вы идете на работу. Но это настолько несущественное искривление, что, как говорят физики, мы спокойно можем им пренебречь.

Но когда речь идет о таком супермонстре, как черная дыра, искривление пространства-времени становится сильно заметным.

КАКАЯ ЗВЕЗДА МОЖЕТ ПРЕВРАТИТЬСЯ В ЧЕРНУЮ ДЫРУ

Речь идет о массивных звездах, которые как минимум в три раза больше нашего Солнца. Такая звезда в конце своего пути может коллапсировать в черную дыру. Ее размер будет очень маленьким — максимум несколько десятков километров.

У каждого объекта, даже у человека, есть так называемый гравитационный радиус. Он же радиус Шварцшильда. Назван он в честь немецкого астронома Карла Шварцшильда, который первым предсказал существование черных дыр. Сделал он это в 1916 году, незадолго до смерти, точно решив уравнения Эйнштейна.

Гравитационный радиус — это тот радиус, при котором объект заданной массы превращается в сингулярность. Ну, или, говоря проще, в черную дыру. Высчитывается он по очень простой формуле:

$$r_g = 2GM/c^2$$

где G — уже знакомая вам гравитационная постоянная, а в знаменателе — скорость света в квадрате.

Подставляем сюда массу объекта вместо M и получаем гравитационный радиус. Для Солнца, например, гравитационный радиус был бы равен 3 километрам. Для Земли он составил бы всего 9 миллиметров.

Но ни Солнцу, ни тем более Земле просто не хватит массы, чтобы сколлапсировать в черную дыру.

ЧТО БУДЕТ, ЕСЛИ ЧЕЛОВЕК ПОПАДЕТ В ЧЕРНУЮ ДЫРУ?

Трудно смоделировать такую ситуацию. Теоретически он может даже не погибнуть, по крайней мере сразу. Пространство-время здесь искривлено настолько, что человек может даже не заметить перехода, — его просто моментально затянет. Одно известно точно: выйти обратно он уже никогда не сможет. Вокруг него будет беспросветная тьма. Даже если он достанет мощный фонарь, свет не выберется и не сможет что-либо осветить внутри черной дыры.

Однако вероятность, что человек попадет за горизонт событий, практически нулевая. Дело в том, что вокруг черной дыры, как правило, на огромных скоростях вращается раскаленный газ — уже упоминаемый мною аккреционный диск. Ведь черные дыры заглатывают вещество, пролетающее мимо звезды, и т. д. И человек, даже в очень защищенном крепком скафандре, вряд ли преодолеет эту преграду. И даже если удастся защититься от высокой температуры, то радиация и рентгеновские лучи добьют человека окончательно. Именно в этих диапазонах свечение аккреционного диска максимально.

Если же представить, что у космонавта будет суперскафандр (фантастика, конечно, но падение в черную дыру космонавта — тоже событие не слишком реалистичное), который защитит и от радиации, и от жары, его ждет другой неприятный сюрприз.

На притягивающийся объект действуют так называемые приливные силы. Грубо говоря, его голова начнет притягиваться чуть сильнее, чем ноги. И из-за приливных сил его просто разорвет на части. Космонавта будет растягивать и растягивать, пока весь он не будет разобран на мельчайшие кусочки (надеюсь, что вы не за обедом читаете эту книгу, а то картину я нарисовал, мягко скажем, неаппетитную). До горизонта событий человек доберется уже разобраным на атомы, и в таком виде попадет внутрь черной дыры.

ПОЧЕМУ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ ВАЖНЫ ДЛЯ ПОЯВЛЕНИЯ ЖИЗНИ

«Черные дыры уничтожают все живое и неживое! О каком позитивном влиянии на жизнь может идти речь?» — спросите вы. Я задался ровно тем же вопросом, когда открыл очередную статью в октябрьском номере «Астрофизического журнала» за 2021 год. Оказалось, черные дыры и правда могут повысить вероятность появления жизни в галактике. Происходит это следующим образом.

Углерод — важный элемент для появления органической жизни. Образуется он в недрах звезд. Причем чем массивнее звезда, тем выше запас углерода. Вот только покидает он звезду неохотно. По оценкам Роба Фармера, немецкого астрофизика из Института Макса Планка, крупная звезда, вращающаяся в паре с черной дырой, выбрасывает в космос почти в шесть раз больше углерода.

Ядерные реакции внутри массивной звезды сначала превращают водород в гелий. Когда в ядре заканчивается водород, звезда расширяется. В этот момент гелий постепенно преобразуется в углерод. Когда звезда сбрасывает оболочку, в космическое пространство и выходит углерод. Звезда с массой в 40 солнц выбрасывает во время взрыва 1,1 солнечной массы углерода, если у нее есть «сестра» — черная дыра.

Если же звезда одинока, то количество углерода составляет всего 0,2 солнечной массы. Она прячет углерод внутри своего ядра. Черная дыра-напарница стимулирует более сильный взрыв, помогая высвободиться углероду. А чем больше углерода отправится в космическое пространство, тем больше вероятность появления жизни. Ведь чтобы возникла жизнь, природе нужно перебрать очень много вариантов.

Но углерод — не единственный способ, которым черная дыра стимулирует появление жизни. Массивные черные дыры

в ядрах регулируют количество звезд, возможное в данной галактике. Международная группа ученых под руководством астрофизика Игнасио Мартина Наварро из Калифорнийского университета установила взаимосвязь между звездообразованием в галактике и массой черной дыры в ядре галактики.

Если бы черных дыр не было, то звезды были бы ярче и располагались плотнее, что снижало бы вероятность появления жизни. Потому что для жизни лучше подходит умеренная светимость, как у звезды класса «желтый карлик», к которому относится наше Солнце. А черные дыры не только поглощают «лишнее» вещество, но и разбрасывают по «рукавам» галактик газ и пыль. Разгоняясь на бешеной скорости, вещество покидает орбиту, на которой вращается вокруг черной дыры. И уже из этого вещества образуются новые звезды.

Новые звезды должны появляться, чтобы возникала вероятность появления новой жизни. Но без регуляции этого процесса галактика быстро потратит все вещество. К примеру, на заре появления галактики Млечный Путь процесс звездообразования в ней шел на уровне 10 солнечных масс в год. Сейчас этот процесс замедлился до 3 солнечных масс в год. В галактиках же с бурным звездообразованием — например, до 100 солнечных масс в год — весь газ быстро тратится. И такие галактики быстро потухают.

КВАЗАР. САМАЯ ЯРКАЯ... ЧЕРНАЯ ДЫРА

Когда ученые впервые открыли квазары, они были поражены. Небольшой по космическим меркам объект излучал, как тысячи галактик уровня Млечного Пути.

Квазары — это ядра далеких галактик, в основе которых — сверхмассивная черная дыра. Она поглощает окружающее вещество — другие звезды, газ, пылевые облака и т. п., — раскручива-

ет их до высоких скоростей и раскаляет до высоких температур. И вся эта гигантская масса начинает ярко испускать энергию, которая и добирается до нас в виде фотонов.

Квazarы существовали в далеком прошлом. Сейчас они находятся далеко, свет от этих объектов только достигает нашей планеты. Скорее всего, их уже не существует в таком виде. Пик расцвета квазаров пришелся на период 10 миллиардов лет назад.

Самый мощный из известных квазаров носит традиционное, с точки зрения астрофизиков, романтическое имя — J043947.08+163415.7. Находится он на расстоянии 12,8 миллиарда световых лет. То есть возник на заре Вселенной, когда она только отпраздновала свой первый миллиард лет. Этот квазар светит, как 600 триллионов солнц! Это как тысячи галактик одновременно, только из крайне компактного источника света. Связано это с тем, что на заре Вселенной звезды были намного массивнее. Наша галактика Млечный Путь появилась 13,2 миллиарда лет назад. И, весьма вероятно, для каких-нибудь далеких внеземных наблюдателей мы тоже выглядим как гигантский квазар.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ СО ВРЕМЕНЕМ ИСПАРЯЮТСЯ

Да, ничто не вечно в нашем мире. Черные дыры медленно испаряются. Эту гипотезу выдвинул Стивен Хокинг, потому явление и названо в его честь — излучение Хокинга.

Интересно, что на эту мысль Хокинга натолкнули два знаменитых советских астрофизика — Яков Зельдович и Алексей Старобинский. Когда Хокинг приезжал с визитом в Москву в 1973 году, ученые поделились с ним гипотезой, что черные дыры должны излучать частицы. Это следовало из принципа неопределенности Гейзенберга. Фундаментальный принцип квантовой механики подразумевал, что вращающиеся черные дыры долж-

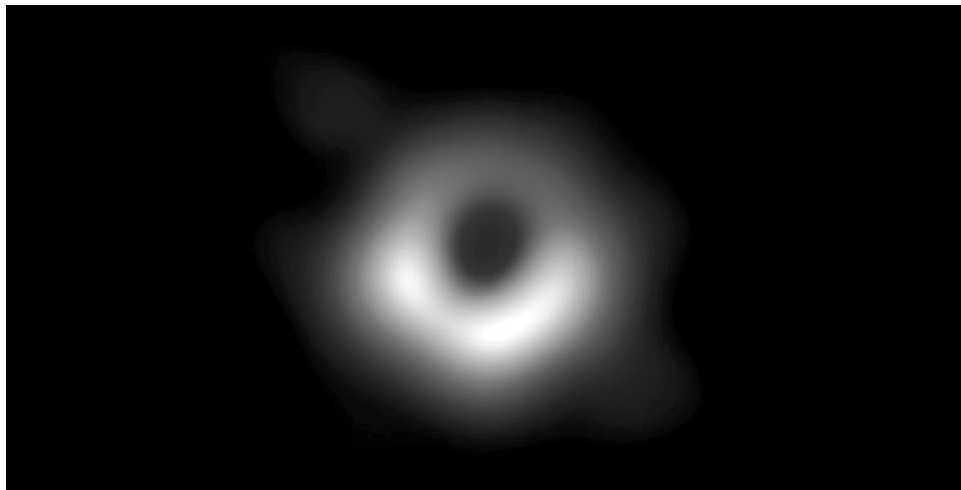
ны порождать частицы. Но именно Стивен Хокинг смог довести эти соображения до полноценной гипотезы.

Квантовые эффекты черной дыры приводят к тому, что она медленно испаряется, теряя вещество. Квантовые эффекты способны преодолеть ограничения, которые накладывает на черную дыру горизонт событий. Но процесс этот крайне медленный — черная дыра неохотно расстается со своим веществом.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ. ЕСТЬ ЧЕГО БОЯТЬСЯ?

Согласно современным астрофизическим представлениям, сверхмассивные черные дыры, которые много лет растут, захватывая вещество, образуют ядра большинства галактик.

Млечный Путь — не исключение. В ядре нашей галактики находится сверхмассивная черная дыра Стрелец А* (так и произносится: «Стрелец А со звездочкой»).



Первая фотография черной дыры, сделанная с помощью телескопа *Event Horizon*. Это черная дыра, которая находится в центре галактики М87. Свечение вокруг — аккреционный диск. Фото *Event Horizon Telescope*

Но находится она от нас очень далеко — на расстоянии 26 тысяч световых лет. Нам ближе долететь до края нашей галактики, чем до этой черной дыры.

Столкновения или какие-то пересечения с черными дырами для Солнечной системы в ближайшие миллиарды лет крайне маловероятны. Мы буквально вращаемся в разных сферах. Как вы помните, наше Солнце — это молодой человек из провинции, в самом расцвете сил. Черная дыра — это столичный олигарх. Он окружил себя толпой телохранителей и смотрит на окружающий мир через затемненное стекло своего «роллс-ройса». Нам с ним не по пути. И слава Богу!

Стрелец А* представляет собой классическое ядро с массой 4,3 миллиона солнц. Причем заключен он в весьма маленький объем с диаметром, примерно равным расстоянию от Земли до Плутона. На саму сверхмассивную черную дыру приходится лишь четверть массы. Все остальное — сопутствующее вещество, включая звезды и облака газа, которые крутятся вокруг объекта.

В центре Млечного Пути есть и другие черные дыры, поменьше. Например, японские астрономы в 2019 году открыли черную дыру размером с Юпитер. Ее масса составляет «всего лишь» 32 тысячи солнц. В конце 2021 года астрономы обнаружили черную дыру в ядре Большого Магелланова Облака. Черная дыра тут тоже совсем небольшая — всего в 11 раз массивнее нашего Солнца. Она находится в системе двойных звезд с крупной звездой, которая в пять раз больше Солнца. И постепенно «выпивает» ее вещество, которое плавно перетекает в черную дыру.

ЧЕРНАЯ ДЫРА И «ДРУГИЕ МИРЫ»

Существуют изящные теоретические модели, которые наделяют черные дыры сверхъестественными, на первый взгляд, свойствами.

Например, черные дыры настолько сильно выворачивают пространство-время, что могут служить переходом в другие миры или временные зоны. Теоретически черная дыра может открыть дорогу в будущее. Или помочь преодолеть расстояния в миллиарды световых лет.

Любопытную модель предложил новозеландский математик и астрофизик Рой Патрик Керр. Керр предложил модель под названием «кольцеобразная сингулярность». И здесь черная дыра открывает поразительные возможности. Ведь она буквально сворачивает пространство-время, потенциально открывая дороги в другие измерения. Можно проходить в это кольцо, и оно может служить своеобразным лифтом для путешествия в другие миры.

Гипотетически и наша Вселенная может находиться внутри своеобразной черной дыры. И иметь горизонт событий, за который мы не можем заглянуть. Вот и варимся в своем маленьком мирке. Также и наша черная дыра может вмещать вселенные внутри себя. Как ни странно, противоречий с законами физики тут нет. Черные дыры настолько сильно искажают пространство-время, что возможны самые разные варианты. Пространство тут буквально выворачивается наизнанку, а говорить о законах физики в привычном для нас понимании уже не приходится.

Предположительно на другом конце, на выходе из черной дыры, может находиться так называемая белая дыра. Этот объект — выход в другой мир. И работает белая дыра ровно наоборот: она не притягивает к себе вещество, а выбрасывает. Однако гипотеза не означает, что все сложится гладко. Каких-то оснований считать, что черная дыра сворачивает пространство так, что открывается «портал в другой мир», у нас нет. Почему она должна быть проводником в другой мир, а не в небытие? Черная дыра — это же не разумный таможенник, который открывает границу в другую страну.

Это просто — будем циничны и одновременно реалистичны — труп звезды.

И все-таки одна гипотетическая модель имеет право на существование. Это мост Эйнштейна–Розена, он же червоточина: идея о путешествии на большие расстояния с использованием свойства черной дыры изгибать пространство. Эту идею мы подробнее рассмотрим в части книги, посвященной будущему.

ГЛАВА 10

СКОРОСТЬ СВЕТА

Скорость света — это предельная скорость движения частицы или взаимодействия. В философском смысле она устанавливает важную причинно-следственную связь. Любое событие может оказывать влияние только на события, происходящие позже него. И не может оказывать влияние на события, которые произошли раньше. То есть существует так называемая стрела времени. Время летит вперед, вернуться в прошлое можно только в кинематографе и научно-фантастической литературе. Скорость света равна примерно 300 тысячам километров в секунду. На первый взгляд, очень много. А по факту — весьма грустная величина.

Дело в том, что космические расстояния настолько велики, что даже движение со скоростью света займет много времени. Ближайшая к Солнцу звезда, Проксима Центавра, находится на расстоянии 4,24 световых года. До Сириуса — самой яркой звезды нашего ночного неба — лететь уже 8,6 светового года. И это все очень близкие звезды. Говоря бытовым языком, как если бы мы просто постучались в дверь к соседу.

В пределах 10 световых лет у нас находится 10 звездных систем. Большинство из них абсолютно бесполезны с точки зрения колонизации и добычи ресурсов. Звезды — либо тусклые красные и коричневые карлики, либо слишком яркие. Чтобы человек нашел что-то интересное и полезное, ему нужно охватить расстояние в сотни световых лет.

Что еще печальнее: скорость света в вакууме максимальна для фотонов и распространения электромагнитного (и, предположительно, гравитационного) взаимодействия. Частицы будут двигаться медленнее. И крупный массивный предмет — например, звездолет — будет достигать других звездных систем за довольно большое время. И это резко снижает привлекательность космической экспансии. Ведь даже в случае успеха связь между колониями будет потеряна. А на звездолете сменится несколько поколений астронавтов.

СКОРОСТЬ СВЕТА — ПРЕДЕЛ? ДА, НО НЕ ДЛЯ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ!

Вселенная расширяется в три раза быстрее скорости света! Как это вообще возможно? Неужели Эйнштейн был не прав? Радиус только наблюдаемой части Вселенной превышает 46,5 миллиарда световых лет. А ведь возраст нашей Вселенной — всего 13,8 миллиарда лет. Получается, что Вселенная расширяется в три раза быстрее скорости света?

Теория относительности говорит о том, что скорость света — предельная и выше ее ничего быть не может. Получается, что Эйнштейн был не прав? На самом деле, скорость света является пределом только для объектов: фотонов, электронов и других элементарных частиц. Это максимальная скорость для любых физических взаимодействий. И для движения частиц. Физические тела, состоящие из элементарных частиц, также ограниче-

ны скоростью света. Быстрее всех движется свет в вакууме, его скорость и считается предельной, на уровне 299,8 тысячи км/с.

Но пространство — не материя! И на его расширение никаких пределов по скорости не накладывается. Пространство расширяется неоднородно. Чтобы понять, как это, представьте, что вы надуваете шарик или растягиваете резинку. Разные части резинки растягиваются по-разному. В самых дальних уголках Вселенной пространство может улетать от нас со скоростью выше 950 тысяч км/с.

94% ГАЛАКТИК ВСЕЛЕННОЙ ОСТАНУТСЯ НАВСЕГДА НЕДОСТУПНЫМИ ДЛЯ НАС

В ранней Вселенной происходило быстрое расширение со скоростью, превышающей скорость света. Разные части Вселенной разлетались друг от друга быстрее, чем добирался свет от них. И получилось так, что стало невозможно увидеть некоторые части Вселенной из других областей. Это расширение пространства продолжается и сегодня.

Существует так называемая сфера Хаббла. Это область Вселенной, которая удаляется от нас со скоростью меньшей, чем скорость света. Радиус этой сферы — 14 миллиардов световых лет. И тут, по оценкам астрофизиков, находится всего 6% галактик. Сфера Хаббла продолжает расширяться, но галактики, находящиеся в ней, хотя бы теоретически для нас доступны. А вот галактик вне сферы Хаббла мы не сможем достичь никогда.

ЧТО ЕЩЕ БЫСТРЕЕ СКОРОСТИ СВЕТА?

Квантовая механика тоже работает вне этих границ. Квантовые процессы отказываются подчиняться ограничениям скорости! В квантовой механике есть так называемые «запутанные

состояния». Это несколько частиц, которые мгновенно узнают о состоянии друг друга. Они как бы связаны друг с другом и взаимозависимы.

Представьте такой мысленный эксперимент. Вы берете черный ящик, в котором есть две секции, кладете туда два связанных фотона и отправляете две секции ящика в разные стороны. Фотоны будут обмениваться информацией друг с другом мгновенно! Даже если разделены на огромное расстояние.

Это как у близнецов, которые могут на большом расстоянии переживать за своего брата или сестру, когда тот в беде. Или мать, которая на расстоянии интуитивно беспокоится за своего ребенка. В случае с людьми здесь нет никакой мистики: накопленный опыт отношений, важность близких родственников друг для друга стимулируют чувства и интуицию.

В квантовых процессах природа этого явления пока остается предметом дискуссий ученых. Но однозначно здесь есть потенциал для будущих открытий, которые перевернут наше представление о мире. А вот нарушения постулата о максимуме скорости света здесь нет. Ведь обмен информацией идет не с помощью света.

ПОТАЕННЫЕ УГОЛКИ ВСЕЛЕННОЙ

Вселенная продолжает расширяться до сих пор. При этом она расширяется с ускорением, то есть скорость со временем только растет. Диаметр всей нашей Вселенной, по разным оценкам, составляет 150–178 миллиардов световых лет. То есть наблюдаемая часть Вселенной может составлять всего лишь 25%, остальные 75% абсолютно недоступны для человека. К тому же пространство расширяется в три раза быстрее скорости света, превращая надежды человека изучить «темную часть Вселенной» практически в ничто.

В наблюдаемой части Вселенной — свыше 500 миллиардов галактик. Представляете, сколько их всего?! Сколько многообразных миров получили шанс возникнуть, сколько причудливых видов жизни получили шанс развиваться? По-человечески грустно, когда осознаешь, насколько ограничены наши возможности. Что где-то существуют миры, в принципе недостижимые для человечества.

С другой стороны, а кто знает, насколько верна современная наука? Текущие данные, конечно, подтверждают ее выводы. Но ведь когда-то ученые верили в эфир. Еще совсем недавно законы Ньютона считались незыблемыми. А оказалось, что они работают только в ограниченных условиях. В микромире — среди элементарных частиц, и мегамире — галактиках и Вселенной — законы Ньютона уже не могут правильно описать происходящие процессы.

Возможно, в будущем люди смогут обойти ограничения, накладываемые современными законами физики. И тогда мы все-таки сможем изучить оставшуюся Вселенную. Хотелось бы верить!

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Сколько времени займет телепортация человека на орбиту?

Телепортация возможна! В этом нет ничего фантастического. Только она подчиняется постулату о скорости света, ведь информация будет передаваться с помощью классического взаимодействия. Клетки тела, мозг и наши воспоминания — это всего лишь информация. Значит, ее можно записать, передать на расстояние, а на выходе собрать по ней готового человека!

Сколько же времени потребуется, чтобы телепортировать человека? Ученые из Университета Лестера посчитали, что если разложить все клетки человека на данные, то вся информация уложится в $4,55 \times 10^{42}$ бит. Примерно 20% это-

го объема приходится на ДНК. Сколько времени и энергии потребуется, чтобы передать эту информацию хотя бы на орбиту Земли, телепортироваться на МКС?

Вам потребуются колоссальная пропускная способность и примерно 10 трлн гигаватт-часов энергии. Примерно за миллион лет столько тратит страна уровня Великобритании. Но с развитием технологий доступной энергии станет больше. Значит, этот вопрос решаем. Осталось вычислить время. На передачу этой информации на орбиту уйдет 4,85 квадриллиона лет. Это в 350 тысяч раз больше, чем существует Вселенная. Проще дойти до МКС со скоростью пешехода. И, наконец, самое простое — «распечатать» готового человека с его структурой тела, мозгом и воспоминаниями на 3D-принтере. Пока нашим 3D-принтерам не удалось точно воспроизвести коровий жир. А уж человека, с его сложной системой нейронов, в обозримом будущем вряд ли удастся. Что ж, это все вопрос развития технологий: энергетики, передачи данных и 3D-принтера.

Открытым остается вопрос самой личности человека. Как понять, что это будете именно вы, а не просто копия? Будете ли вы тем самым человеком? Интересно, сколько смельчаков найдется на Земле, кто в здравом уме станет тестировать эту чудесную машину...

КАК ДАЛЕКО ОТ СОЛНЦА НАХОДЯТСЯ ЕГО ПЕРВЫЕ ФОТОНЫ

Фотоны — «частицы света». Солнце непрерывно испускает огромное количество фотонов в космос. А на каком расстоянии находятся первые фотоны, которые выпустило Солнце? И мож-

но ли до них добраться? Ведь если мы увидим эту картину, то сможем узнать, каким было Солнце, когда только появилось.

Солнце светит 4,603 миллиарда лет. Таким образом, его первые фотоны смогли пройти 4,603 миллиарда световых лет.

Но это путь, который не учитывает, что Вселенная расширяется, причем с ускорением. Нашей Вселенной — 13,8 миллиарда лет. Парадокс в том, что ее радиус в световых годах больше ожидаемого размера в 3,37 раза.

Постоянная Хаббла — параметр, который отвечает за прибавку к скорости расширения Вселенной, — равна, по оценкам астрофизиков из Университета Беркли, 73,3 км/с. Это означает, что на каждый мегапарсек (3,3 миллиона световых лет) от Земли Вселенная расширяется дополнительно еще на 73,3 километра в секунду. Астрофизик из Брюсселя Оливье ван де Вельде посчитал, как далеко от нас могут находиться первые фотоны Солнца с учетом расширения Вселенной.

По его оценкам, первые фотоны Солнца находятся на расстоянии 7,59 миллиарда световых лет от Солнца. Как бы мы ни старались, но увидеть их мы уже никогда не сможем. Физически невозможно их обогнать и взглянуть на Солнце, когда оно только зарождалось. Если, конечно, ученые не найдут хитроумные способы, типа варп-двигателя или червоточин, которые позволят пройти сквозь пространство, минуя эти ограничения.

ГЛАВА 11

ВЕЛИКИЙ АТТРАКТОР. ЧТО НАХОДИТСЯ В ТОЧКЕ, ВОКРУГ КОТОРОЙ ВРАЩАЕТСЯ НАША ГАЛАКТИКА

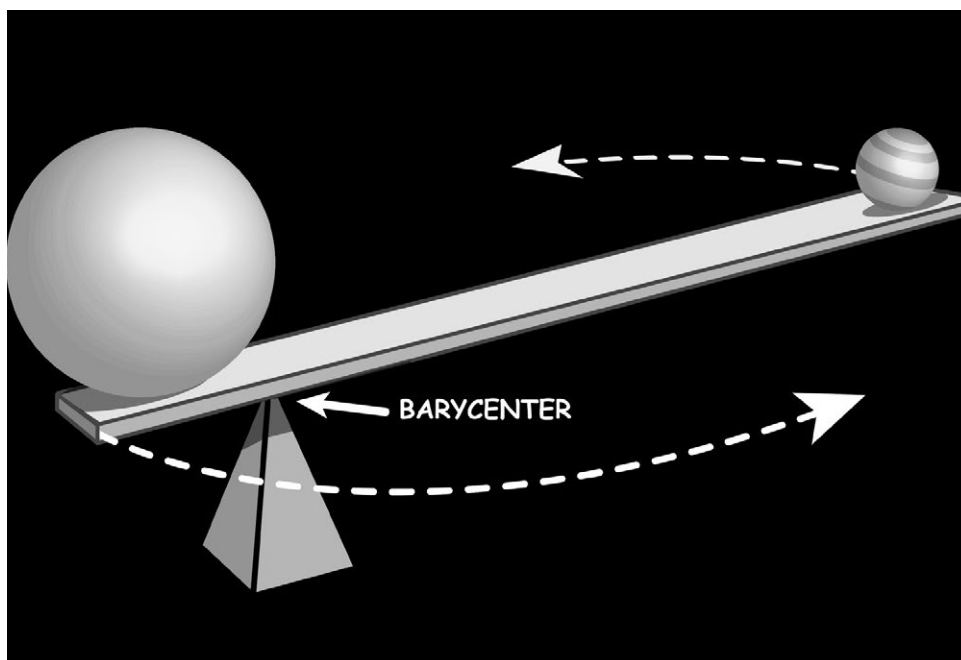
Земля вращается вокруг Солнца, Солнце — вокруг ядра галактики Млечный Путь. А вокруг чего вращаются Млечный Путь и другие галактики? Такой объект есть, называется он Великий аттрактор (от английского attract — «привлекать»). Это гравитационная аномалия. Давайте разберем, что известно науке про Великий аттрактор. Но для начала вспомним, как работает гравитация.

ЦЕНТР МАСС

Гравитация — фундаментальное взаимодействие между телами, обладающими массами. Чем ближе находятся объекты и чем больше их массы, тем сильнее гравитация. Но в быту и даже

в физических расчетах эта модель часто упрощается. Поэтому мы говорим, что Земля нас притягивает. Хотя и наша масса влияет на Землю.

Строго говоря, Земля и другие планеты не вращаются вокруг Солнца. Просто в Солнечной системе существует центр масс, вокруг которого вращаются Солнце и все планеты.



Солнце и планеты Солнечной системы вращаются вокруг общего центра масс. Иллюстрация

Но так как масса Солнца составляет 99,86% массы Солнечной системы, то этой условностью в расчетах обычно пренебрегают. Да и сам центр масс Солнечной системы находится внутри Солнца, только не в центре.

И во Вселенной все так. По факту и все звезды в нашей галактике Млечный Путь вращаются вокруг общего центра масс. Но лежит он, по сути, в ядре галактики — потому что там наибольшее скопление этой самой массы.

ВЕЛИКИЙ АТТРАКТОР. ЧТО ЭТО ТАКОЕ И ГДЕ ОН НАХОДИТСЯ

Великий аттрактор — гравитационная аномалия. Если в основном вещество в видимой части Вселенной распределено равномерно, то в этой точке плотность выше. Находится он от Солнечной системы на расстоянии 250 миллионов световых лет. Великий аттрактор имеет массу, в тысячи раз превышающую массу нашей галактики. И он является центром притяжения для Млечного Пути и других галактик вокруг. Астрофизики полагают, что этот объект представляет собой сверхскопление галактик.

ВЕЛИКИЙ АТТРАКТОР НЕ ТАК УЖ ВЕЛИК

В юности я был крепким парнем. Даже по меркам супертяжей. И когда я занимался боксом, часто полагался на свои габариты — в ущерб технике. И тренер всегда мне говорил: «На любую силу найдется еще бóльшая сила!» И тренер был прав. Когда я пытался покорять все новые и новые спортивные вершины, там было полно и сильных, и высоких. И приходилось быть гибким. Менять тактику и достигать успеха за счет техники.

Вот и Великий аттрактор оказался не таким уж массивным, каким его сперва считали. За его пределами находится еще более мощная магнитная аномалия — так называемое сверхскопление Шепли, масса которого, возможно, в 4 раза больше. Только находится оно от Солнечной системы на расстоянии аж 650 миллионов световых лет. И на данный момент это самая крупная точка притяжения в наблюдаемой части Вселенной. И Великий аттрактор, в свою очередь, притягивается сверхскоплением Шепли.

Как подсчитали астрономы Гавайского университета, вклад Великого аттрактора в движение нашей галактики составляет 44%. А бóльшую часть вклада оказывает именно сверхскопление Шепли. И эти аномалии сильно влияют на наши галактики. Из-за Великого аттрактора и сверхскопления Шепли наш Млечный Путь и ближайшие к нам галактики движутся с огромными скоростями. И это причина, почему Млечный Путь летит прямо навстречу галактике Андромеды.

КОСМИЧЕСКАЯ АНОМАЛИЯ ПУСТОТА ВОЛОПАСА

Кроме сгустков масс во Вселенной есть и пустоты. Пустота Волопаса — сфера диаметром в 330 миллионов световых лет. Ее особенность в том, что там практически нет ни галактик, ни отдельных звезд. Это аномально пустая зона пространства.

Пустота Волопаса (или Войд Волопаса) — это интересная космическая аномалия, которую обнаружили всего 40 лет назад. Сперва ученые считали, что сфера вообще абсолютно пуста. В 1987 году астрономам все-таки удалось разглядеть несколько галактик. В итоге в этой огромной части пространства обнаружено 60 галактик. Для сравнения: во всей остальной Вселенной в сфере такого размера было бы более 2000 галактик. То есть получается, что плотность сферы примерно в 34 раза ниже, чем в целом во Вселенной.

Находится эта пустота на расстоянии в 700 миллионов световых лет от нашего Солнца. То есть сейчас мы видим ситуацию, какой она была в этом месте 700 миллионов лет назад. По мнению ученых, пустота образовалась из-за слияния пустот помельче. Странно, что такое произошло, но других научных объяснений пока не найдено. Эта гипотеза также не объясняет, почему подобных неравномерностей не найдено в других

направлениях Вселенной. А самым уединенным местом в космосе является Сверхпустота Эридана. Здесь пусто, нет обычной материи. Здесь провал даже в реликтовом излучении: оно на 70 микрокельвинов меньше, чем в среднем по Вселенной. По мнению ученых, Сверхпустота Эридана могла возникнуть неподалеку от гигантских массивных объектов. Они и притянули отсюда все вещество в свою сторону.

ГЛАВА 12

ТЕОРИЯ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА: КАК РОЖДАЛАСЬ ВСЕЛЕННАЯ

В 1823 году немецкий астроном Генрих Ольберс обратил внимание научной общественности на интересный парадокс. Если Вселенная бесконечна и в ней бесконечно много звезд — значит, куда ни посмотри, а взгляд должен рано или поздно наткнуться на какую-нибудь звезду. И ночное небо должно быть ярким, белым. Но по факту мы этого не наблюдаем — ночью темно. Забавно, но ответ на этот парадокс дал не физик, не астроном, а... писатель.

Эдгар По в своей поэме «Эврика» в 1848 году обратил внимание на то, что Вселенная и скорость света могут быть конечны. Потому и не в каждой точке пространства должна быть звезда, испускающая луч. Это согласуется с данными современной кос-

мологии. Действительно, Вселенная не существовала всегда. У нее было начало. А рождение нашей Вселенной произошло 13,8 миллиарда лет назад.

Большой взрыв — это гипотетическое событие, с которого началась наша Вселенная. Мы не можем напрямую заглянуть в прошлое и увидеть, как все начиналось. Но с помощью математического моделирования ученые пришли к идее Большого взрыва. И эта теория хорошо объясняет то, что мы наблюдаем во Вселенной сейчас.

Из чего состояли сингулярность и Вселенная в начале своего развития? Откуда взялись законы физики и элементарные частицы? Давайте разбираться, что говорит об этом современная астрофизика. Конечно, мы не можем заглянуть в те мгновения, когда рождалась наша Вселенная. Но человеческий интеллект может использовать данные современной физики, химии и астрономии и просто протянуть их вспять. И довести до момента, когда начался наш мир.

Здесь и далее я буду основываться на современной космологической теории и на исследованиях Planck Collaboration — группы европейских астрофизиков, работающих в обсерватории Планка.

СИНГУЛЯРНОСТЬ

Изначально наша Вселенная представляла собой так называемую сингулярность — то есть небольшую точку, в которой была заключена вся материя нашего будущего мира. Тогда материя еще не делилась на атомы и молекулы, а плотность сингулярности была сверхвысокой.

Почему произошел взрыв и из сингулярности стала расширяться наша Вселенная? Что заставило сингулярность выйти из стабильного состояния и взорваться? Эти вопросы остаются за-

гадкой для ученых. Ответ на них вряд ли будет найден: для этого мы должны выйти за пределы нашей Вселенной, а это физически невозможно.

Итак, сингулярность взорвалась, и наша Вселенная стала быстро расширяться. В сингулярности температура составляла 1000 нониллионов (10 с 30 нулями) градусов. С расширением Вселенной температура и давление стали падать.

Здесь для простоты изложения я пропущу несколько этапов (например, слияние кварков и глюонов), которые интересны только профессиональным ученым. Перейдем к самому интересному — как произошла наша материя в привычном виде.

РОЖДЕНИЕ ЧАСТИЦ И ЗАКОНОВ ФИЗИКИ

А дальше процесс стал очень интересным. Произошла серия так называемых фазовых переходов. По сути, этот процесс — аналог обычной конденсации, когда газ скапливается в жидком виде. Только тут он коснулся элементарных частиц.

За миллионную долю секунды материя прошла несколько этапов развития, что в итоге привело к образованию всех элементарных частиц и физических сил (гравитационная, электромагнитная, а также сильные и слабые ядерные взаимодействия).

РОЖДЕНИЕ АТОМОВ И МАТЕРИИ

Если первый этап был, по нашим меркам, почти мгновенным, то вещество в текущем виде появилось не сразу. Протоны и электроны сперва не складывались в атомы. Это произошло лишь спустя 380 тысяч лет после Большого взрыва — после того как температура заметно снизилась. Появились первые

атомы. Материя на этом этапе на 75% состояла из водорода, на 24,99% — из гелия. Остальная часть пришлась на тяжелые формы водорода, гелия и лития. Все более тяжелые элементы, включая важные для нас кислород и углерод, образовались уже в недрах звезд. А некоторые, типа драгоценных золота и платины, появились из-за космологических катастроф — столкновений звезд и галактик.

ПОЯВЛЕНИЕ ЗВЕЗД

Спустя миллионы лет после Большого взрыва гравитация стала главной силой, которая начала собирать вещество в звезды и планеты.

По оценкам астрофизиков из университета Аризоны (США), первые звезды появились во Вселенной через 180 миллионов лет. Классическая теория космологии говорит, что звезды возникли позже — спустя 400 миллионов лет. Но все ученые сходятся во мнении, что первые звезды были в сотни миллионов раз ярче современных. Конечно, жизнь в таких условиях зародиться все равно не могла.

В дальнейшем во Вселенной стали появляться тяжелые элементы, из них складывались планеты. 4,57 миллиарда лет назад появилось наше Солнце.

КОСМОС — ЭТО ГИГАНТСКАЯ МИКРОВОЛНОВАЯ ПЕЧЬ

В космосе температура на 2,7 градуса выше абсолютного нуля (то есть 2,7 Кельвина или $-270,45$ по Цельсию). Это останки фонового, так называемого реликтового излучения, которое служит эхом Большого взрыва. Реликтовое излучение — свет от

первичной плазмы ранней Вселенной. Сейчас мы улавливаем его в виде микроволнового фона. Все, что холоднее, будет нагрето в микроволновой печи. Эти микроволны пронизывают пространство, в космосе нет абсолютно пустого места.

Если в космосе появляется вдруг более холодный объект — он нагревается в этой «микроволновой печи» до 2,7 градусов Кельвина. Что ж, картину рождения Вселенной ученые и правда более или менее представляют. Открытым пока остается вопрос, как был запущен процесс и почему все получилось именно так.

Бог или случай?

Современная теория Большого взрыва гласит: из непонятной, энергетически насыщенной горячей массы появились вполне конкретные частицы. Из них в дальнейшем собрались звезды, планеты, да и мы с вами. И как они образовались — это ключевой вопрос мировоззрения в современном естествознании.

Ученые утверждают, что все частицы собрались случайным образом. То есть электроны и протоны, которые вышли из этой массы, могли быть совсем другими — более тяжелыми, иметь другие заряды. Вселенные рождаются и погибают бесконечное число раз, и у каждой из них — свой набор параметров. В большинстве жить нельзя.

Так правда ли возможна такая случайность, которая разложила все элементарные частицы по нужным полочкам? И все фундаментальные частицы (их наука насчитывает 24) выстроились в нужном нам порядке случайно? Получается, весь набор физических параметров нашей Вселенной сложился идеально для появления жизни. Этот парадокс вошел в науку под названием антропного принципа.

ГЛАВА 13

АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП

Наша Вселенная имеет уникальный набор физических параметров, за счет которых возможно появление жизни, и у нее есть тонкая настройка этих параметров. Фундаментальные константы имеют идеально точные величины. В противном случае возникновение жизни и эволюция невозможны. В науке это утверждение известно под термином «антропный принцип».

Константы фундаментальных физических параметров (например, массы элементарных частиц, константы взаимодействий и т. п.) на первый взгляд выглядят так, будто у них нет какой-либо закономерности. Просто имеют такие значения, без какой-либо логики. Но стоит лишь чуть изменить эти параметры, как мир в привычном нам понимании исчезнет. В нем станет невозможным появление жизни в сложной и тем более разумной форме.

Получается, наш мир — хрупкая конструкция. Его математика подобрана идеальным образом, чтобы в этом мире могла возникнуть разумная жизнь. При других параметрах звезды будут существовать всего по несколько миллионов лет. За такой крат-

кий промежуток они не смогут накопить более тяжелые вещества, включая углерод, необходимый для жизни. Получится пустой скучный мир.

Масса нейтрона очень маленькая, но если бы она была легче хотя бы на десятую долю процента, атомы водорода мгновенно превращались бы в нейтроны. При отсутствии водорода никаких полноценных звезд не было бы возможно в принципе. Увеличить массу нейтрона хотя бы на минимум тоже нельзя: невозможны будут стабильные ядра и химические вещества из таблицы Менделеева в принципе.

Соотношение масс электрона, протона и нейтрона вместе с электромагнитной постоянной будто идеально подогнаны друг к другу. Именно от них зависят плотность веществ и само существование сложной химии, а вместе с ней — планет и органических соединений, необходимых для жизни.

То же касается и геометрии нашего мира. Если бы пространство было не трехмерным, а многомерным, орбиты планет не смогли бы быть устойчивыми. Электроны падали бы на ядра, и мы получили бы нейтронное вещество. То есть при изменении физических параметров мы не просто получаем другой мир — мы получаем мир, в котором в принципе невозможна жизнь!

Есть две формулировки антропного принципа.

СЛАБЫЙ АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП

Мы видим этот мир, потому что во вселенных с другим набором физических параметров нет наблюдателя, который может его увидеть.

Наша Вселенная могла бы быть и иной, но тогда было бы невозможно появление в ней человека, который смог бы задавать подобные вопросы.

СИЛЬНЫЙ АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП

Наша Вселенная должна была получить физические параметры, которые сделали возможным появление жизни.

Обе формулировки антропного принципа предполагают, что законы физики в принципе могут быть другими в других вселенных. Или могли бы быть другими изначально в нашей Вселенной.

И вот тут мы приходим к вопросу: как так идеально все сложилось? Антропный принцип относится к сфере не физики, а философии.

Здесь вопросы науки в традиционном ее понимании заканчиваются, начинаются вопросы веры. Либо есть Бог, который это запустил, либо случай. Бог в данном случае может быть кем угодно: изначальным законом (как бы ДНК Вселенной), христианским или мусульманским... Но это некий Разум, который запустил процесс именно таким образом.

Второй подход — материалистический, он гласит, что набор физических параметров, идеальных для жизни, появился случайно. Просто была возможность попробовать миллиарды триллионов раз. И рано или поздно, согласно теории вероятности, должен был появиться наш мир.

Нам очень сложно поверить в такой случай. Такова уж человеческая природа: мы во всем склонны видеть закономерности. А наш мир устроен слишком идеально, чтобы это было простым совпадением. Поэтому парадокс, вызванный антропным принципом, заставляет нас по-новому взглянуть на гипотезу мультивселенных (подробнее о мультивселенных речь пойдет в четвертой части).

Получается, что место, где появились люди, в любом случае является привилегированным. И тут нет ничего необычного. Если гипотеза мультивселенных верна, то каждая из таких вселенных обособлена и идет по своему пути. И со своим уни-

кальным набором физических параметров. Просто в тех вселенных, где константы другие, нет наблюдателя, способного оценить чудо своего мира.

Что ж, антропный принцип во многом завязан на специфику человеческого сознания. Мы везде ищем логику и гармонию. И удивляемся идеальному устройству нашего мира. Это как если бы вода в луже удивлялась тому, что форма углубления точно соответствует ее собственному объему. А ведь вода просто заполнила весь доступный объем, что у нее был.

ГЛАВА 14

КАКАЯ ФОРМА У НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Плоскоземельщиков еще не всех победили, а тут — новая плоскость в нашем мире. Да еще и такая масштабная!

При слове «Вселенная» большинство рисует в воображении бесконечную сферу, где галактики распределены более или менее равномерно. Однако, по данным современной астрофизики, это не так. По форме Вселенной до сих пор ведутся дискуссии, но большинство астрофизиков разделяют гипотезу «плоской Вселенной». Возникает резонный вопрос: как же так? Ведь когда мы смотрим в небо, мы видим, что звезды распределены по всей небесной полусфере. О какой же плоскости может идти речь?

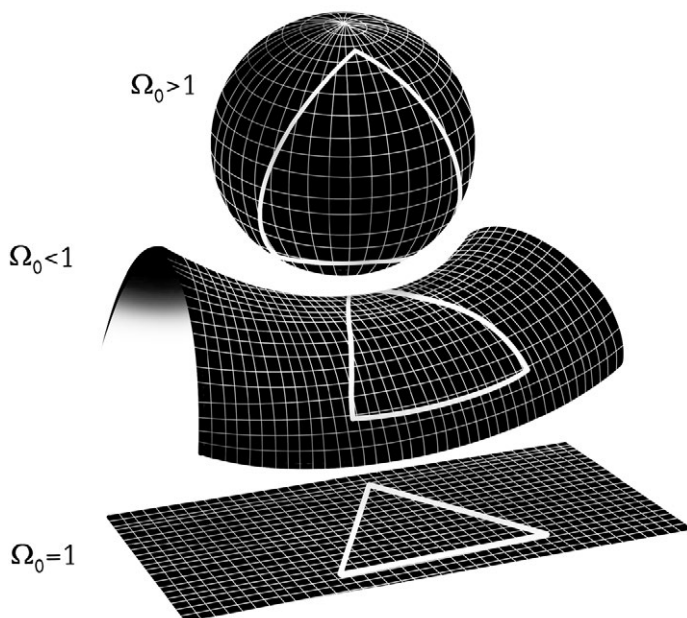
Если на Землю мы можем посмотреть со спутников и МКС и убедиться, что она шар, то быть внешними наблюдателями и также взглянуть со стороны на Вселенную мы не можем. Открытым остается вопрос трехмерной топологии пространственного сечения Вселенной.

Проще говоря, какая геометрическая фигура лучше всего опишет, какой формы наша Вселенная? Ни одна из современных физических теорий, включая общую теорию относительности, не может дать нам однозначный ответ на этот вопрос.

ПОЧЕМУ АСТРОФИЗИКИ НАЗЫВАЮТ ВСЕЛЕННУЮ ПЛОСКОЙ

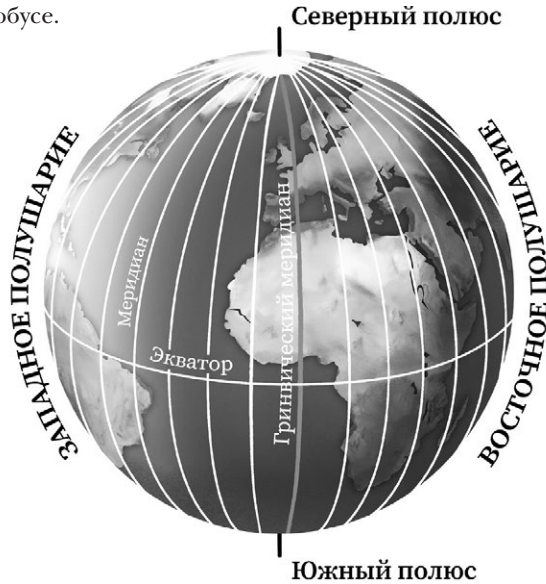
Конечно, речь не идет о том, что Вселенная выглядит плоской, как бумажный лист формата А4. Вселенная обладает трехмерной плоскостностью. Это означает, что пространство во все стороны подчиняется евклидовой геометрии. То есть оно прямое, а не искривленное.

Есть разница между математическими определениями плоского и изогнутого и повседневными определениями плоско-



Формы пространства в зависимости от параметра кривизны. Иллюстрация

Меридианы на глобусе.
Иллюстрация



го и изогнутого. С точки зрения математики плоскостным будет пространство, где сумма углов треугольника равна 180 градусам.

Если мы возьмем любые три точки во Вселенной и сложим из них треугольник, а затем посчитаем сумму его углов, она будет равна 180 градусам. Этого бы не случилось, если бы пространство было искривленным.

Если мы возьмем две параллельные прямые, то в бесконечности они не пересекутся. Это значит, что пространство не искривлено.

Представьте себе две параллельные прямые на шаровидной поверхности. Они не смогут вечно идти параллельно друг другу — они обязательно пересекутся. Как меридианы, которые пересекают экватор под прямым углом и в этом месте параллельны друг другу. Но на полюсах они все пересекаются.

Космическая обсерватория Планка собрала данные по реликтовому излучению, включая его температуру, линзирование и поляризацию. И оказалось, что его параметр кривизны практически нулевой: $\Omega_K = -0,004$.

Возможно, на этапе своего возникновения Вселенная была с очень большой кривизной, однако со временем, расширяясь, она стала плоской.

МАССИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ИСКРИВЛЯЮТ ПРОСТРАНСТВО. КАК ЖЕ ВСЕЛЕННАЯ ОСТАЕТСЯ ПЛОСКОЙ?

Теория относительности говорит нам о том, что пространство искривлено. И это экспериментально подтвержденная теория. Однако искривляется оно не само по себе, а вблизи массивных объектов.

По факту, плоскость Вселенной означает однородность распределения вещества. Однако вещество во Вселенной в локальных участках распределено неоднородно. Есть пустоты, где плотность галактик в тысячи раз меньше, чем в среднем по Вселенной. А есть, наоборот, точки, где концентрация галактик намного выше, — например, Великий аттрактор и сверхскопление Шепли. Они настолько плотны и велики, что вокруг них начинают вращаться другие галактики, как наша Земля вращается вокруг Солнца. Но все это происходит лишь в небольших масштабах.

На больших расстояниях — например, от 200 миллионов световых лет — вещество во Вселенной распределено однородно по всем направлениям. Аналогичная ситуация и с искривленным пространством. Локально массивные объекты могут искривлять пространство-время. Именно локально!

Когда ученые говорят о том, что Вселенная — плоская по форме, речь идет о больших масштабах, без учета локальных изменений. Что ж, именно так устроена наша Вселенная по данным современной науки. В следующей части книги мы разберем физические законы, лежащие в ее основе.

ЧАСТЬ III

ФИЗИКА ВСЕЛЕННОЙ

В этой части мы разберем основные физические вопросы, связанные с космосом.

Средневековые ученые считали, что есть два вида сил. Первая тянет предметы вниз. Вторая отвечает за движение космических объектов. Именно потому, что эта сила – другая, Луна не падает на Землю, учили они.

Исаак Ньютон был первым, кто убедительно доказал, что в основе этих сил находится единый механизм. Гравитация! Законы Ньютона прекрасно работают применительно к земным объектам, довольно точно описывают и предсказывают большинство явлений в Солнечной системе. Однако вблизи массивных объектов и при движении со световыми скоростями законы Ньютона неприменимы.

ГЛАВА 15

ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Говорить о космосе без теории относительности — это как пытаться идти на современную войну со средневековым оружием. Смотрится эффектно, но абсолютно непрактично.

Общая теория относительности Эйнштейна вводит в наше трехмерное пространство четвертое измерение — время. Мы живем в четырехмерном пространстве. То есть кроме классических осей координат X , Y , Z существует еще и временная ось — T . Когда объект движется, время его течет иначе. Оно начинает замедляться. То же самое происходит и при движении вблизи объектов с большой массой, которые оказывают гравитационное воздействие. Получается, что время и пространство тесно связаны друг с другом. Просто мы в обычной жизни этого не замечаем, ведь все объекты на Земле находятся в одинаковом едином гравитационном поле Земли. Да и скорости у нас далеки от скорости света, поэтому эффект замедления времени не так заметен.

Но на уровне спутников инженерам уже приходится вводить поправки, потому что время на микросекунды будет отличаться от земного.

Пространство и время взаимосвязаны. При движении в сильном гравитационном поле пространство искривляется. По сути, Эйнштейн представил действие гравитации через искривление пространства. То есть гравитация так меняет пространство, что мы падаем, притягиваясь к массивному объекту.

Общая теория относительности признана всеми учеными, поскольку имеет множество экспериментальных подтверждений. Лучи света искривляются, когда пролетают вблизи массивных тел. Поэтому мы можем видеть объекты, которые спрятаны за другими. Но лучи, идущие от них, изгибаются и доходят до нас. Теория относительности позволила не только непротиворечиво описать текущие явления в космосе, но и взглянуть на прошлое и будущее нашей Вселенной. Теория Большого взрыва и модели развития Вселенной базируются именно на общей теории относительности Эйнштейна.

Однако у этой теории есть один побочный эффект. Она описывает явления космического масштаба, но сама стоит особняком в физике. Ее нельзя «скрестить» с другими физическими теориями.

ГЛАВА 16

ТЕОРИЯ ВСЕГО

На протяжении большей части XX столетия научные достижения приводили к технологическому прогрессу. Прогресс в технологиях, в свою очередь, толкал вперед науку. Наука снова толкала вперед технологии, и т. д.

Это был благодатный цикл, который быстро повысил наш уровень жизни. Но для физики этот цикл прервался в середине 1980-х годов. С тех пор мы находимся в фазе застоя. Этот застой постиг не только космологию, но и остальные направления физики: квантовую гравитацию, физику элементарных частиц и квантовую механику. Научно-популярные статьи, охватывающие эти области, по сути, перебирают одни и те же темы, поднимают одни и те же вопросы.

Ключевая проблема современной физики — невозможность создать общую физическую теорию, которая сведет действие всех сил в единые уравнения. Эйнштейн посвятил этому все свои последние научные изыскания. Но они так и не привели к успеху. С тех пор ситуация кардинальным образом не изменилась. В чем же состоит эта проблема?

В современной физике известно четыре вида силы. Эти силы и определяют взаимодействие всех объектов в нашем мире. Только физика описывает их отдельно друг от друга, и нет теории, которая объединит все виды взаимодействий в один.

ЧЕТЫРЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Гравитация. Взаимодействие между объектами, обладающими массой. Чем больше масса и чем ближе находятся объекты, тем сильнее они притягиваются друг к другу. Мы хорошо знаем этот эффект на нашей Земле, стоит только чуть подпрыгнуть.

Гравитационное взаимодействие — самое слабое из всех. Но за счет гигантской массы нашей планеты, вращения Луны вокруг Земли и нашей планеты вокруг Солнца мы сталкиваемся с ним каждый день и хорошо знаем.

Электромагнитная сила. Заряженные частицы взаимодействуют друг с другом через электромагнитное поле. Разные заряды притягиваются, одинаковые — отталкиваются.

Это тоже взаимодействие, которое нам очень хорошо знакомо в жизни. Мы крепим магнитик на холодильник. Мы включаем свет, который тоже опосредованно связан с электромагнитной силой.

Слабые ядерные силы. Это взаимодействие, наблюдаемое при так называемом бета-распаде атомного ядра. Когда выделяется электрон или позитрон вместе с нейтральной частицей.

Сильное ядерное взаимодействие. Основа нашего мира.

Вы помните про то, что одинаковые заряды отталкиваются? А вот сильное ядерное взаимодействие собирает одинаково заряженные частицы — протоны — в одно мощное ядро. Без этих

сил во Вселенной никогда бы не возникло тяжелых элементов, ведь протоны отталкивались бы друг от друга.

Ученые полагают, что все эти виды силы могут иметь одну природу. И были попытки создать объединенную теорию всех взаимодействий. Это дало бы серьезный импульс всей физике. Но пока у ученых не хватает данных для создания такой теории.

Вряд ли природа делила мир на категории и, как добросовестный менеджер по поставкам, продумывала их логистику:

— Это атомы, на них будут действовать такие-то силы. Назовем их сильными и слабыми ядерными силами. В этом регионе — микромире — они будут формировать все логистические цепочки.

— Это гигантские объекты с огромной массой. Пусть ими управляет гравитация! Всю логистику в мегамире отдадим под ответственность гравитации.

— Добавим к этому электромагнитные силы, пусть они воздействуют на все объекты — и малые, и средние, и крупные. Это важное звено логистической цепочки, пусть отвечает за поставки в макромире.

Очевидно, что такими категориями мыслит человек. У природы все плавно перетекает из одного в другое. Поэтому, вероятнее всего, в основе всех взаимодействий (или сил) лежит один закон. Только вот физикам не удается привести все силы к единому знаменателю.

Квантовая механика смогла объединить оба ядерных взаимодействия с электромагнитным. Но связать их с гравитацией не получается.

Сейчас для трех видов взаимодействий в физике используется так называемая Стандартная модель. Она была принята в 70-е, после открытия кварков. Стандартная модель определяет, какие существуют в природе силы и элементарные частицы, и описывает все. Кроме гравитации.

Сейчас фундаментальные взаимодействия описываются двумя общепринятыми теориями: общей теорией относительности и Стандартной моделью.

Теория относительности изучает большие объекты в масштабе звезд, галактик и Вселенной. Квантовая механика изучает маленькие объекты — те кирпичики, из которых состоит наш мир. И сейчас не совсем понятно, как гравитация влияет на мельчайшие частицы. Равно как и квантовая механика не работает на больших расстояниях и с крупными объектами.

Например, элементарные частицы могут передвигаться скачками — исчезать в одном месте и появляться в другом. Очевидно, что в нашем мире с обычными предметами подобное не происходит, хотя прекрасно подтверждается в экспериментах на микроуровне.

Сложить две теории в одну не получается. Главная проблема в том, что теории «говорят на разных языках».

Основное противоречие лежит в понимании пространства-времени. В квантовой механике все объекты находятся во внешнем пространстве-времени. А в общей теории относительности пространство-время — важные участники событий. Они тесно связаны со всем, что происходит в системе.

Обе теории признаны научным сообществом. И подтверждаются экспериментально. Но их конфликт при описании мира — налицо.

Когда в обычной жизни оба считают себя правыми, истину решает судья, детально разобрав дело и мнения сторон. Осталось только найти такого судью, который разрешит этот главный конфликт современной физики. Давайте посмотрим на наиболее ярких кандидатов на вакансию «физического судьи», который даст путь к новому витку технологического прогресса человечества.

Есть несколько интересных попыток написать теорию квантовой гравитации. Самыми перспективными в современной физике являются две: теория струн и петлевая квантовая гравитация.

ТЕОРИЯ СТРУН И ПЕТЛЕВАЯ КВАНТОВАЯ ГРАВИТАЦИЯ

Теория струн гласит, что элементарные частицы состоят из крошечных маленьких струн. Каждая из струн вибрирует по специальной схеме. И у каждой частицы — своя «мелодия».

По сути, все объекты в нашей Вселенной — это симфония струн. Наш мир непрерывно вибрирует. Согласно теории струн, в первые мгновения после Большого взрыва все четыре фундаментальные силы были одной.

Глобально во Вселенной существует два типа элементарных частиц: бозоны и фермионы. Бозоны — это частицы, через которые осуществляется взаимодействие. Как деньги в нашей обычной жизни. Чтобы получить товар или услугу, вам надо заплатить определенную сумму. Самый яркий пример бозона — фотон. Яркий пример фермионов — это протоны и нейтроны.

Согласно теории струн, в мире существует суперсимметрия, когда для каждого фермиона должен существовать бозон, и наоборот. Все элементарные частицы появляются в результате колебаний ультрамикроскопических квантовых струн. Колебания эти происходят на микромасштабах — на уровне 10^{-35} степени метра. Согласно этой теории, в нашем мире существует как минимум 10 измерений (9 для пространства и 1 для времени). Представить это рациональным сознанием невозможно: мы все привыкли жить в трехмерном пространстве.

Другие измерения пока экспериментально не открыты и существуют только в математических моделях. Каждое измерение существует отдельно, само по себе. Если координаты в одном измерении поменялись, в другом они могут оставаться неизменными.

Обнаружить присутствие дополнительных измерений можно с помощью гравитации. Она так искривляет пространство-время, что открывает возможность увидеть другие измерения. В этой теории пространство-время предстают как дискретные величины. То есть, грубо говоря, есть некие кванты, порции пространства и времени. Обе теории остро нуждаются в экспериментальных подтверждениях.

ПЯТАЯ СИЛА ПРИРОДЫ

Ситуацию могут поменять не только интеллектуальные изыскания физиков-теоретиков, но и новые экспериментальные открытия. В 2021 году американские ученые из лаборатории им. Энрико Ферми объявили, что они, возможно, открыли новую, пятую силу природы. В научном журнале *Physical Review Letters* ученые рассказали о ходе эксперимента. Открытие еще предстоит подтвердить. Если это случится, то Нобелевка ученым обеспечена: открытие совершит настоящий переворот в современной физике.

В чем же суть открытия и какие перспективы оно сулит?

МЮОН — РАЗРУШИТЕЛЬ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

Ученые проводят эксперимент *Muon g-2* в Лаборатории Ферми (неподалеку от Чикаго). Это сложная современная физика, но попробуем разобраться ее суть, не прибегая к трехэтажным уравнениям и высшей математике.

Мюон – частица с отрицательным зарядом. Но, в отличие от электрона, не так сильно отклоняется при прохождении магнитного поля. Мюон тяжелее электрона в 207 раз, при этом меньше протона в 9 раз. Роль мюонов в природе до конца не понятна.

Почему же мюон так интересует современных физиков?

Эксперимент Muon g-2 посвящен поиску так называемого аномального магнитного момента мюона. Это значит, что магнитный момент мюона будет отличаться от расчетов, которые задаются уравнениями Стандартной модели. А значит, она неверна!

Что более интересно, аномалия мюона берется не просто так, а из-за взаимодействия с частицами, которые пока неизвестны науке. Мюоны разгонялись по кольцу в циркулярном коллайдере. На них воздействовали мощным магнитным полем.

Температура в этом кольце поддерживается на уровне -270 градусов – практически на уровне абсолютного нуля. И то самое отклонение от расчетных данных было зафиксировано! Это, возможно, и есть проявление пятой силы природы, ранее неизвестной науке.

Почему «возможно», а не 100 %? Дело в том, что сейчас остается 1 шанс из 40 тысяч, что это была статистическая погрешность. А по канонам современной физики статистическая погрешность должна быть на уровне 1 шанс на 3,5 миллиона.

«Мы обнаружили, что взаимодействие мюонов не согласуется со Стандартной моделью. Это открывает будущее с новыми законами физики, новыми частицами и новыми, невиданными до сих пор силами», – заявил участник группы ученых профессора Марка Ланкастера.

Ученым осталось только еще раз повторить эксперимент, снизив вероятность статистической погрешности. И тогда открытие пятой силы будет признано официально.

Какие возможности потенциально может дать нам открытие пятой силы:

– Открытие новых частиц, которые отвечают за пятую силу природы.

– Уточнение картины мира. Как на самом деле устроена Вселенная?

– Открытие новых горизонтов в физике, которая сейчас явно находится в тупике.

– Создание единой теории фундаментальных взаимодействий.

Все это может привести к технологическому прорыву, сравнимому с тем, что мы наблюдали на протяжении всего XX века.

ГЛАВА 17

ФИЗИКА В ТУПИКЕ

Все нынешние теории красивы, но у них есть один ключевой недостаток: все они являются игрой ума и предметом математического моделирования. Ученые видят проблемы, не могут решить их на уровне экспериментов и пытаются придумать с помощью математического моделирования некую реальность.

Отсюда и возникают сложные конструкции — суперсимметричные частицы, дополнительные измерения, всевозможные кандидаты на звание частиц темной материи. По сути, эти вопросы остались неизменными с конца 1980-х.

Все эти теории могут быть произвольно изменены, если возникнут противоречивые моменты.

И это снижает их практическую ценность. Они напоминают поведение троечника в школе, который пытается решить задачу не с помощью знаний и логики, а просто подобрав правильный ответ.

Эйнштейн стремился к простоте в своих теориях. Он прекрасно понимал, что природа не может быть устроена чересчур

сложно. Именно поэтому общую теорию относительности так легко объяснить и ее спокойно понимают даже школьники.

В этом плане забавно сходство популярного сериала «Теория Большого взрыва» с ситуацией в современной физике.

Жанр этого сериала – ситком. В ситкомгах герои мало меняются от серии к серии. Они попадают примерно в одни и те же ситуации, пытаются решать их похожими способами из серии в серию. Разумеется, у них ничего не получается. А зрителю интересно наблюдать этот сизифов труд и угадывать, как скоро герой в новой серии останется наедине со своей проблемой.

Так и физики – пытаются решить проблемы, усложняя этот мир. Добавляя новые измерения и виртуальные частицы. И, как в ситкоме, остаются все с теми же вопросами и проблемами, которые появились в «первой серии» – в конце 1980-х.

Если посмотреть на темы большинства современных научных работ, то можно увидеть превалирование квантового моделирования. И речь идет в основном о теоретической физике. Фундаментальная работа в физике все сильнее отдалается от эксперимента и технологического применения.

В узких областях, таких как физика плазмы, акустика, квантовая оптика, ядерная физика и астрофизика, экспериментальные данные и теория сильно переплетены. Но в тех областях физики, которые отвечают за фундаментальные законы природы – физика элементарных частиц, квантовая гравитация и космология, – теория все сильнее отделяется от эксперимента. А без возможности экспериментальной проверки все рассуждения чаще уходят в спекуляции.

Стандартная модель много лет неплохо подтверждалась экспериментами. Однако в последние годы по ней один за другим наносятся серьезные удары.

Про аномальный магнитный момент мюона мы уже говорили. Но это не единственный эксперимент, который рушит устои современной физики.

В декабре 2021 года немецкие физики из Мюнхенского технического университета сообщили о возможном открытии тетранейтрона. Это частица, состоящая из четырех нейтронов.

Если открытие подтвердится, то физикам придется пересмотреть стандартную модель атомного ядра. Современная ядерная физика исключает возможность существования тетранейтрона.

Одна из основ современной квантовой механики — принцип Паули. Он гласит, что два или более идентичных фермиона не могут одновременно находиться в одном и том же квантовом состоянии в квантовой системе. Нейтроны должны распадаться на протон, электрон и антинейтрино. И целостность такая частица сохранить не может!

Согласно принципу Паули, тетранейтрон существовать не должен. Однако эксперимент немецких ученых — уже третий, в котором физикам удалось уловить эту частицу. Результаты эксперимента еще необходимо повторить, но это, скорее всего, просто вопрос времени.

Еще одна серьезная проблема, которую не может объяснить Стандартная модель, — это масса нейтрино. В Стандартной модели нейтрино — безмассовая частица. Однако эксперименты с нейтринными осцилляциями показали, что масса у нейтрино все-таки есть.

Что придется делать физикам в случае, если все экспериментальные данные подтвердятся?

Будет период «смутного времени», когда нужно написать новую теорию, которая непротиворечиво объяснит новые открытия.

А что же будет со старой теорией, Стандартной моделью? Неужели десятки лет трудов от тысяч великих умов отправятся в утиль?

Ни в коем случае!

В физике ни одна теория ни исчезает просто так. Она лишь становится частным случаем более общей теории.

Возьмите физику Ньютона. Его физика принципиально неверна! Поэтому с ее помощью и нельзя без ошибок посчитать движения галактик, объяснить расширение Вселенной и т. п.

Но при нерелятивистских скоростях, когда объекты движутся «по-земному», а не со скоростью 300 км/с, законы Ньютона работают идеально. Таким образом, они являются частным случаем теории относительности Эйнштейна.

В интересное время мы живем! Уже в ближайшие годы мы с вами должны увидеть переворот в физике, которого ученые ждут уже почти 100 лет!

А именно перевороты в физике задают тон глобальным технологическим изменениям. И речь идет не просто о новых моделях смартфонов, а о действительно кардинальном переустройстве окружающего мира. Как сильно изменился мир, когда были открыты электричество и электромагнитное поле! Что-то подобное должно нас ждать и теперь.

Тот же тетранейтрон поможет лучше понять, как устроены нейтронные звезды, и научиться как-то стабилизировать это вещество. Ведь мы можем получить уникальный материал, который будет прочнее камня и в разы легче и дешевле. Такой материал, из которого можно легко возводить недорогие дома на века!

Так что закончим эту главу на хорошей ноте. Мы накопили достаточное количество опыта для кардинальных перемен.

Отрицательный результат — тоже результат. Поиграв в спекуляции, ученые все меньше стали доверять этим методам. И теперь возвращаются в старые добрые времена, когда физика прочно стояла на фундаменте экспериментов.

Совершить прорыв в физике помогут новые экспериментальные данные. Для этого нам еще глубже надо погрузиться в космос. Все ответы, скорее всего, находятся именно там.

ГЛАВА 18

ХАОС И СЛУЧАЙНОСТЬ В ФИЗИКЕ

Альберт Эйнштейн яростно спорил с Нильсом Бором в октябре 1927 года по поводу ключевых аспектов квантовой механики. Эйнштейну не нравилась случайная природа квантовых явлений, по поводу чего знаменитый физик произнес:

«Бог не играет в кости».

«Перестаньте говорить Богу, что делать», — парировал Нильс Бор.

Тогда победа осталась за сторонниками Бора. Но вопрос продолжает мучить тысячи ученых. Есть ли место случайности в нашем мире или все окончательно и бесповоротно predetermined?

Мы привыкли к причинно-следственной связи. И действительно, мир устроен логично. Чтобы футбольный мяч полетел, нужно приложить силу, ударив по нему ногой. Чтобы мяч полетел не абы куда, а точно в ворота, нужно много лет тренироваться. Это все логичные закономерности нашего мира.

Для начала уточним понятия.

Теория хаоса в науке изучает поведение сложных нелинейных динамических систем. Это, например, атмосфера, турбулентные потоки или общество.

Такие системы крайне зависимы от первоначальных условий. Тут даже небольшие изменения в окружающей среде могут привести к непредсказуемым последствиям. Как мы видим из уроков истории, войны и революции часто происходят неожиданно и начинаются с каких-то незначительных поводов. Так и атмосферные явления — например, циклоны — могут развиваться и менять направления от каких-то малозначительных, на первый взгляд, факторов.

В таких системах нам трудно уловить все причины и предсказать последствия (поэтому предсказания погоды — процесс крайне сложный, даже с помощью суперкомпьютеров).

Но хаотичные системы могут быть вполне детерминированы. То есть обладать четкой причинно-следственной связью. Просто мы не в силах ее уловить.

Случайность же часто трактовалась просто как степень нашего незнания. Мы не знаем всех возможных причин — значит, нам кажется, что это произошло случайно.

Однако случайность имеет место в нашем мире.

В 1977 году Нобелевскую премию по химии присудили бельгийскому физику российского происхождения Илье Пригожину. Он изучал неравновесные термодинамические системы и убедительно доказал, что структуры в них возникают случайным образом. И классическая наука, которая игнорирует фактор случайности, совершает большую ошибку и не может точно описывать поведение сложных систем.

То есть случайность существует в нашем мире на фундаментальном уровне. Но можно ли как-то ориентироваться в этом хаосе?

В 2021 году 73-летний итальянский физик Джорджо Паризи получил Нобелевскую премию за открытие, «как беспорядок

и флуктуации взаимодействуют в физических системах от планетарных до атомных масштабов».

Итальянский физик исследовал хаотичные физические системы. Он изучал, говоря простыми словами, как небольшие случайности влияют на наш мир в глобальном масштабе. Эти математические инструменты можно использовать при развитии квантовых компьютеров. Но они имеют и большой мировоззренческий смысл: случайность в нашем мире все-таки есть!

Джорджо Паризи хорошо известен математикам и физикам-теоретикам, но обычным людям его имя мало что скажет. Впервые в научном сообществе оно прогремело еще в 1977 году. Паризи опубликовал уравнение в квантовой хромодинамике.

Уравнение описывает так называемое сильное взаимодействие. Это одно из фундаментальных взаимодействий в физике, которое отвечает за структуру протонов и нейтронов. Без него не образовывались бы атомные ядра, и мы бы не получили физически стабильный мир, который мы видим сейчас.

Но если случайность существует, почему же мир стабилен?

Случайность играет роль в ограниченном масштабе. Если описать с упрощением (да простят меня физики), развитие сложных систем идет по такому принципу:

Эволюция (стабильные изменения) — Революция (состояние нестабильности) — Эволюция — Революция.

Период эволюции длительный, в этот период копятся однотипные изменения. В системе накапливаются противоречия, которые приводят к революции.

И вот именно в период революции случай начинает играть важную роль. Здесь какой-нибудь малозначительный эпизод может оказать гигантский эффект на развитие всей системы в будущем.

Вспомним Россию в 1917 году. Февральская революция застала большевиков врасплох: они были плохо подготовлены к борьбе за власть. Цепочка незначительных и не связанных друг с дру-

гом событий в итоге привела к победе большевиков в октябре. И это определило путь всей страны на 74 года вперед.

Но и случай ограничен. Есть флуктуации — колебания, которые и задают коридор возможностей. То есть, в случае нашей истории, к власти мог прийти Ленин, мог утвердиться Керенский. Могли победить кадеты или, что весьма вероятно, меньшевики. В каком-то виде даже могла остаться монархия, как это было в Великобритании.

Но число вариантов все равно было ограничено. Не было варианта возврата Николая II. Или прихода к власти условной «кухарки».

Эти варианты, когда система вышла из равновесного состояния и идет выбор во время «революции», называются в науке точками бифуркации. И в сложных системах (общество, атмосфера и т. п.) незначительный случайный фактор способен сильно повлиять на дальнейшее развитие.

В физическом мире эти случайные закономерности (оксюморон, но наш мир вообще парадоксален!) существуют, что и доказал Джордж Паризи. Причем происходит это везде — от атомов и до космоса.

Паризи разработал математические методы статистического прогнозирования для поведения таких систем. Да, решить точно некоторые уравнения нельзя, считает ученый. Да и не нужно! Важно научиться предсказывать вероятность на основе статистических закономерностей.

Например, в растворе ионов натрия и хлора распределение, какой отдельный ион натрия соединится с отдельным ионом хлора, происходит во многом случайно. Но конечный результат в макромасштабе предсказуем. Ведь мы точно знаем, сколько в итоге получится хлорида натрия.

Случайность в микромире заметить проще, чем в космосе.

Квантовая случайность возникает только тогда, когда происходит взаимодействие. Такие взаимодействия включают, напри-

мер, спонтанные процессы, такие как распад мюона (отрицательно заряженная частица с большей, чем электрон, массой).

Мюон распадается на электрон и нейтрино в случайный период времени с периодом полураспада 1,56 микросекунды.

В космосе же все процессы выглядят полностью детерминированными, потому что большинство квантовых объектов здесь (например, атомы водорода) были изолированы в течение длительного времени (плотность-то низкая). И они уже после распада достигли стабильного состояния.

Будучи изолированными, они не взаимодействуют друг с другом. Другими словами, детерминизм процессов в космосе возникает в первую очередь потому, что в космосе — по меркам квантовой механики — почти ничего не происходит. Это же не ускоритель типа адронного коллайдера, где мы можем сталкивать огромное количество частиц на высоких скоростях.

Какой урок мы можем извлечь из этих знаний? Чтобы чего-то достигать в этой жизни, надо прилагать усилия в определенном направлении. А дальше должно повезти. В одной из точек бифуркации случай рано или поздно может сыграть на вашей стороне. Если не работать над собой, то вероятность нужного вам события будет близка к нулю. Но если вы трудитесь над собой, а желаемого эффекта нет — просто подождите очередной «революции», и случай точно представится!

Лучше всего эту мысль высказал римский император и по совместительству философ-стоик Марк Аврелий:

«Делай что должно. И будь что будет!»

ГЛАВА 19

СТРЕЛА ВРЕМЕНИ

В 1927 году британский физик Артур Эддингтон пришел к выводу, что рассеивание энергии говорит о стреле времени. То есть время движется в одну сторону — только вперед. Если соединить два предмета, горячий и холодный, их температура скоро станет одинаковой. Энергия рассеется. Но в обратную сторону этот эксперимент провести нельзя. Про такой процесс физики говорят «энтропия растет».

Мы понимаем, в какую сторону движется время, из-за принципа причинности. Он пришел из философии, но имеет ключевое значение для физики.

Человек помнит, какие события с ним происходили в прошлом. Но будущее остается загадкой. В физике считается, что «стрела времени» указывает в направлении увеличения энтропии во Вселенной. Или увеличения беспорядка.

На бытовом уровне мы это хорошо понимаем. Это так называемая психологическая стрела времени, мы знаем, куда она движется. Мы рождаемся, стареем и умираем. Железо ржавеет, здания ветшают, горячий чай остывает.

Замок, построенный из песка, со временем разносится ветром и водой. То есть из порядка переходит в состояние беспорядка. И не бывает такого, чтобы ветер и вода собрали замок из песка сами. И хотя с точки зрения физики в этом нет ничего невозможного, вероятность этого крайне мала.

Эйнштейн был ярким поклонником стрелы времени. Он очень опасался, что его уравнения можно решить так, что теоретически путешествия в прошлое станут возможны. Потому что это стало бы опровержением его теории.

Математик Курт Гедель предложил идею вращающейся Вселенной. И в ней уравнения Эйнштейна решаются таким образом, что возможны путешествия во времени, в том числе и в прошлое.

Но все-таки метрика Геделя — это больше искусственная, математическая игра ума, чем реальная возможность.

По какой-то, пока неизвестной, причине Вселенная находилась в состоянии низкой энтропии 13,8 миллиарда лет назад. Эта низкая энтропия привела к появлению стрелы времени, когда постепенно энтропия увеличивается.

Стивен Хокинг, вместе с Эйнштейном, был убежден, что время имеет направление и движется вперед. Хокинг предложил ряд интересных парадоксов.

Если бы можно было летать в прошлое, то мы бы увидели множество туристов из будущего. Они бы точно посещали важные исторические события, чтобы сделать селфи.

В 2009 году Хокинг даже провел один забавный эксперимент. Он организовал вечеринку, а через некоторое время разослал на нее приглашения. Вечеринку он провел в гордом одиночестве. А если бы путешествия во времени были возможны, приглашенные точно бы узнали и пришли, решил физик.

Конечно, в бытовом смысле эти факты не связаны. Люди все не обязательно должны прийти на вечеринку, даже если получили приглашение.

Вопрос возможности путешествий в прошлое пока остается одним из нерешенных вопросов в физике. Есть эксперименты, которые ставят под сомнение понятие «стрела времени».

«Изобретение русских ученых из Физтеха отправляет частицы в прошлое», — такими заголовками пестрела западная пресса в 2019 году.

Тогда ученые из Лаборатории физики Московского физико-технического института (МФТИ) провели любопытный эксперимент. Исследовательская группа под руководством Гордея Лесовика проводила эксперименты со временем на квантовом компьютере. И создала своеобразную машину времени, которая смогла отправить микрочастицы в прошлое.

«Русские научились перемещать объекты размером меньше атома в направлении, противоположном стреле времени!» — написало издание Daily Mail по итогам этого открытия.

Ученые поставили эксперимент с электронами. Чтобы понять, как это работает, представьте бильярд, где шары разбросаны случайным образом из изначально собранного треугольника. Ученые повернули их вспять, собрав в красивый треугольник, в котором они были до случайного разброса.

То есть электроны вернулись назад не под действием каких-то сил, а просто пройдя путь во времени в обратном направлении.

В журнале Scientific Reports отметили, что русская машина времени — это простой квантовый компьютер, который состоит из так называемых электронных кубитов.

Кубиты — это главное отличие квантового компьютера от обычного. В обычном компьютере транзисторы программируются только по принципу 1 и 0 (есть ток — 1, нет тока — 0). Через комбинации этих цифр и запоминается вся информация. У кубита кроме 1 и 0 есть много позиций между.

Физики обычно приводят такую аналогию. Обычный компьютер функционирует по тому же принципу, что и выключа-

тель, где только два состояния — «вкл.» и «выкл.». А квантовый — как ручка на плите. Есть «выкл.», есть максимальная мощность (1), а есть еще очень много состояний между ними.

Физики запустили «эволюцию», когда кубиты стали меняться случайным образом. После этого им удалось повернуть процесс вспять: кубиты прошли процесс во времени в обратном направлении и заняли изначальные позиции. С двумя кубитами система возвращалась в исходное состояние в 85% случаев, с тремя — в 50%.

Получается, частицы вернулись в прошлое — то самое исходное состояние, с которого все начиналось. «Для внешнего наблюдателя это выглядит так, будто время бежит вспять», — говорит Гордей Лесовик.

Пока вопрос о путешествиях в прошлое остается открытым. Что же касается путешествий в будущее — они гораздо более вероятны. Если лететь в аппарате со скоростью света, то время для его экипажа замедлится. И на Земле пройдет много лет, в то время как ты практически не изменишься. Второй способ путешествия в будущее — крионика, заморозка с последующей разморозкой. Пока и то, и другое технологически невозможно, но это лишь вопрос времени.

ЧАСТЬ IV

ЗАГАДКИ ВСЕЛЕННОЙ

Мы разобрали интересные факты, которые уже знаем про нашу Вселенную, и выяснили, какие законы физики лежат в их основе.

Сейчас же нас ждет погружение в неведомое. Единственное, что мы знаем, – что эти явления существуют. Но пока они остаются тайной за семью печатями.

ГЛАВА 20

ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Темная материя — самая загадочная тема современной астрофизики.

Она потому и называется темной, что мы не можем ее увидеть — ни в оптическом диапазоне, ни уловить с помощью приборов, реагирующих на электромагнитное излучение. Однако мы твердо знаем: темная материя существует. Ведь она проявляет себя в гравитационном взаимодействии. А значит, по крайней мере имеет массу.

По оценкам международной группы ученых, 80% вещества Вселенной приходится на темную материю. То есть состоит неизвестно из чего.

И открытие этого феномена сулит человечеству гигантские перспективы. Возможно, даже бóльшие, чем изобретение электричества.

Впервые термин «темная материя» использовал голландский астроном Якобус Каптейн 99 лет назад. С тех пор вопрос о том, что представляет собой это загадочное вещество, остается открытым.

ЧТО ТАКОЕ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Темная материя – вид скрытого вещества. Она не участвует в электромагнитном взаимодействии, как «обычная» известная нам материя. Поэтому мы не можем ее обнаружить.

Как же мы тогда узнали, что темная материя существует?

Темная материя проявляет себя в гравитационном взаимодействии. Общая масса каждой галактики в несколько раз превышает суммарную массу ее звезд.

Когда с помощью законов физики и математики ученые измерили массу галактик, она получилась в 10 раз меньше, чем должна быть. Кому именно «должна»? Законам физики: если бы галактика весила мало и в ней не было темной материи, то все звезды давно бы разлетелись.

Попробую объяснить наглядно. Представьте большой диск, на который сели несколько человек. И мы начали этот диск крутить. Когда он достигнет большой скорости, люди начнут слетать с него и падать за его пределы. Так вот, с галактиками то же самое: они вращаются так быстро, что звезды должны разлетаться!

Грубо говоря, темная материя – это та скрытая масса, которая утяжеляет галактику до нужных физических величин, чтобы она не распадалась.

Если говорить максимально просто: мы видим, что масса во Вселенной, в частности у галактик, в разы больше, чем должна быть. Если сложить массу всего вещества, которое мы можем обнаружить (звезды, скопления, туманности, черные дыры и т. п.), этого не хватает, чтобы объяснить, откуда такая гравитация. Для этого масса должна быть еще выше. Эту «лишнюю» массу и записали на счет темной материи.

Без темной материи в космосе недостаточно массы для образования звезд. Без нее вещество «разбредалось» бы по космосу. Темная материя обеспечивает необходимую массу, которая запускает процесс образования звезд.

Примерное распределение вещества для среднестатистической эллиптической галактики выглядит так:

- 15% массы приходится на горячий газ;
- 5% — на светящуюся видимую материю;
- оставшиеся 80% приходятся на темную материю.

КАКОВЫ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА, ЧТО ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ СУЩЕСТВУЕТ?

Гипотеза о существовании темной материи родилась в теоретической физике. В экспериментальной физике обнаружить ее в каком-либо виде пока не удалось. Но есть убедительные экспериментальные доказательства того, что «лишняя» масса существует.

Звезды и галактики движутся с совсем другими скоростями, чем двигались бы при условии, что темной материи не существует.

Горячего газа в галактиках слишком много. Если бы лишней массы не было, галактика не смогла бы его удержать.

Гравитационные линзы. Свет, идущий от удаленных объектов, искажен гораздо больше, чем должен.

Недавнее интересное открытие в очередной раз подтвердило ее существование.

Астрономы обнаружили сгусток темной материи, которая создавала визуальные клоны далекой галактики.

ТАИНСТВЕННЫЙ ОБЪЕКТ ГАМИЛЬТОНА

В 2013 году астроном Тимоти Гамильтон из Университета в Портсмуте (штат Огайо) изучил данные космического телескопа «Хаббл» и обнаружил странную картину: три совершенно идентичных галактики, которые находятся в далеком уголке ви-

димой части Вселенной – в 11 миллиардах световых лет от Земли. Загадочную «тройняшку» назвали в честь ее первооткрывателя – объект Гамильтона.

Галактики имели одинаковую форму, у них были одинаковые центры. Даже вещество распределялось в них по одинаковым траекториям. Такое совпадение ненормально. Не могут просто так возникнуть галактики-тройняшки, да еще и в одном месте!

Ученые были в тупике. В течение восьми лет они строили различные, самые фантастические гипотезы. И, наконец, смогли построить модель и установить причину, о которой написали в научном журнале Королевского астрономического общества.

Оказалось, что на пути от объекта Гамильтона до Земли находится скопление темной материи высокой плотности. Оно и искажает свет от галактики. Траектория света искажается из-за мощной гравитации, огибая по дуге скопление темной материи. И до нас доходят три одинаковых изображения одного и того же объекта.

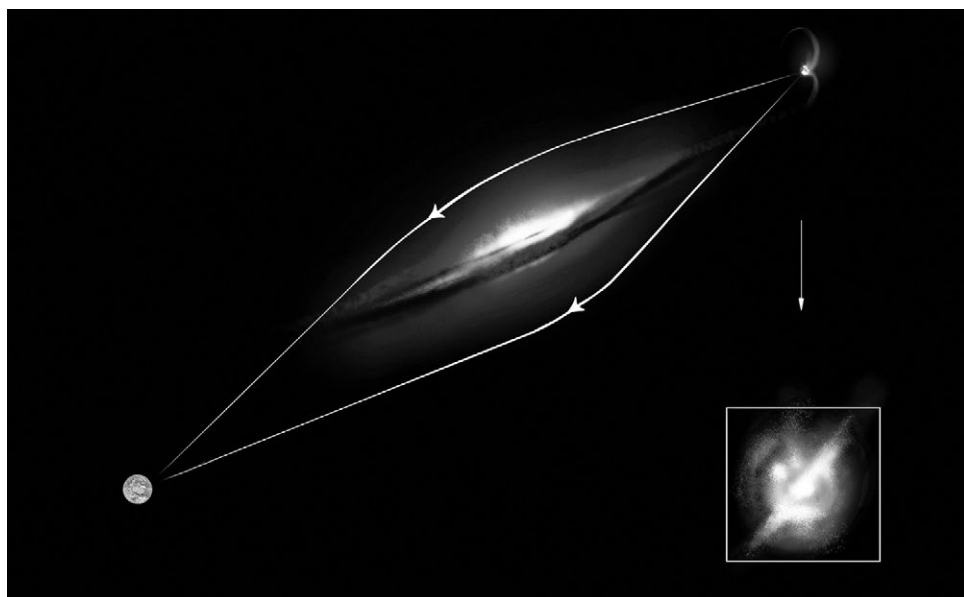


Схема работы гравитационного линзирования. Иллюстрация

Скопление темной материи расположено в 7 миллиардах световых лет от Земли, как раз на пути движения света от объекта Гамильтона, и ее свет идет по искривленной траектории.

В общей теории относительности описано, как объекты с мощной гравитацией деформируют пространство-время. Этот эффект аналогичен ряби на поверхности воды, когда вода преломляет и линзирует свет Солнца и на дне бассейна возникают светящиеся узоры.

ПОЧЕМУ ОТКРЫТИЕ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ ВАЖНО ДЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Темная материя давно перестала быть локальной проблемой отдельной науки. Узнав ее природу, мы гораздо лучше поймем, как устроен наш мир, и, возможно, получим доступ к новым видам дешевой энергии и инновационным материалам.

В 1888 году Генрих Герц доказал существование электромагнитных волн (обратите внимание, какое красивое число — 1888!). За этим последовал шквал открытий. Ученые узнали, как устроен атом, открыли, что существуют галактики, начали использовать новые виды энергии, ранее недоступные человечеству. И наша жизнь кардинально изменилась!

Сейчас 22-й год XXI века. И новым сравнимым по масштабу открытием может быть природа темной материи.

Даже если выяснится, что ее нет и это только нелепая гипотеза, все равно это приведет к перевороту в современной физике. Такое уже было в нашей истории. Ведь открытие электромагнитных волн отправило в небытие понятие «эфир», в котором якобы движутся все космические объекты. Никакого эфира нет, но это было важно доказать для дальнейшего прогресса в физике.

Вселенная, которую мы уже немного успели изучить, почти полностью «электромагнитная». То есть видимое вещество ак-

тивно взаимодействует со светом. Все химические элементы, из которых мы состоим, воздух, которым мы дышим, пища, которую мы едим, наши дома и одежда и все, что мы можем видеть, — все это «нормальная» материя. Однако во Вселенной есть в пять раз больше массы, которая теоретически может не состоять из известных на сегодня 118 природных элементов. И человечеству важно узнать, из чего состоит эта скрытая масса.

Древние греки, например, знали об электричестве. Для них это был праздничный трюк — собрать клочки бумажки расческой, намагниченной после причесывания.

Пока мы не начали всерьез экспериментировать с электричеством и магнетизмом, создавая двигатели и генераторы, человечество не представляло себе масштаб электромагнитного взаимодействия. Именно то, что мы поняли явление электромагнетизма, создало наш современный мир.

Понимание темной материи может быть в пять раз бóльшим технологическим благом, чем раскрытие секретов электричества. Просто потому, что за скрытой массой пропорционально стоит бóльшая часть Вселенной.

К открытию электромагнетизма тоже поначалу относились скептически, совершенно не понимая ни сути явления, ни как его можно использовать. Джеймс Максвелл, открывший знаменитые уравнения, описывающие электромагнитное поле, не мог объяснить журналисту, зачем они нужны.

Главным провидцем оказался знаменитый физик Майкл Фарадей — первооткрыватель электромагнитной индукции.

Английский государственный деятель и писатель Уильям Гладстон спросил Фарадея:

— Какая польза от вашего электричества?

На что Фарадей быстро нашелся:

— Однажды, сэр, вы сможете обложить его налогом!

Что впоследствии и подтвердилось. Ведь сейчас наш мир и вся промышленность и экономика крутятся вокруг электричества.

Темная материя может обеспечить прорыв не только на Земле, но и в космосе. Сейчас для ученых и инженеров очевидно, что с текущим уровнем знаний о космосе далекие звезды и тем более галактики нам не покорить (подробнее об этом мы поговорим в главе про космическую экспансию). И самый очевидный прорыв находится в разгадке тайны темной материи.

Это может быть нашим ключом к контролю за пространством-временем. Раскрыв тайну темной материи, мы получим надежду на полноценные межзвездные путешествия!

Ну и, наконец, мы сможем понять, как и почему расширяется наша Вселенная. И предсказать, что станет с ней в будущем.

ЧТО ЖЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ? ЧЕТЫРЕ ГИПОТЕЗЫ

Предположений о том, что же такое темная материя, в современной физике огромное количество. Но глобально их все можно свести к четырем типам:

1. «Обычное» вещество. Темная материя может представлять собой совокупность черных дыр, нейтронных звезд, планет-изгоев и т. п. То есть различные объекты, которые трудно обнаружить.

Особенно яркими претендентами на титул «объекты для темной материи» были коричневые и красные карлики. Светятся они еле-еле, а мы точно знаем, что их в десятки раз больше, чем звезд типа нашего Солнца.

Эта гипотеза считалась весьма вероятной на заре исследования темной материи. Сейчас же к ней относятся скептически, ведь черные дыры и другие слабо излучающие объекты можно отлавливать по их взаимодействию с окружающей материей. По оценкам астрофизиков, на все эти объекты может приходиться максимум 10% вещества галактик. Но никак не 80%.

Впрочем, процент «нормального» вещества постоянно увеличивается. Методы обнаружения совершенствуются, мы можем замечать то, что ранее было скрыто. Все 80% таким образом не объяснить, но часть — можно.

2. Темная материя состоит из частиц, которые мы еще не открыли. Вероятнее всего, эти частицы должны быть довольно крупными, так как проявляют себя в гравитационном взаимодействии. И эти частицы не заряжены, иначе они проявляли бы себя в электромагнитном взаимодействии.

Частицы темной материи, скорее всего, и сейчас прошивают Землю, пролетая сквозь нее с огромной скоростью. Но никак не взаимодействуют с ней. С одной стороны, их трудно поймать, с другой — от них трудно экранироваться. И это плюс — значит, частицы темной материи есть везде. Осталось только обнаружить их.

Что это может быть? Например, нейтрино. Масса нейтрино практически нулевая, нейтрино слабо взаимодействует с приборами. Эти частицы ежедневно прошивают нашу Землю, но уловить их практически невозможно. А что, если во Вселенной их такое громадное количество, что даже при их практически нулевой массе они могут внести существенный вклад? И оказаться тем самым элементом темной материи.

Есть и гипотетические частицы — например, аксионы. У них нулевой заряд, и при взаимодействии они распадаются на два фотона. Но пока аксионы существуют только на уровне гипотезы.

И открытым остается вопрос, составляют ли эти частицы некое подобие «обычной» материи. Могут ли разные частицы объединяться, например, в атомы «темного вещества»?

В любом случае гипотеза, что в основе темной материи лежат какие-либо неуловимые частицы, пока является лидирующей в научном сообществе.

Сейчас ученые по всему миру пытаются эти частицы отловить. Напрямую это сделать очень сложно (они же, как мы помним, «не любят» взаимодействовать с приборами).

Ученые и инженеры постоянно создают хитроумные детекторы для различных частиц — кандидатов на звание «элементов темной материи». Но ни один из них пока не сработал. Если у кого-то получится приблизиться к разгадке — Нобелевская премия обеспечена! Сами физики называют создание детекторов темной материи лотереей по экспериментальной физике. Вероятность победы невелика, но победитель получит все. И окупит все годы своих трудов.

Большой адронный коллайдер для поиска этих частиц годится слабо, хотя и может косвенным образом отловить их — за счет регистрации продуктов распада.

И, видимо, этот косвенный метод будет ключевым в поиске частиц темной материи: когда мы зафиксируем взаимодействие этих неведомых частиц с другими и увидим их косвенные проявления, например в виде фотонов.

3. Что-то не так с гравитацией. Точнее, с гравитацией как силой природы все прекрасно. Что-то не так с нашей теорией гравитации.

«Зачем плодить новые странные сущности и частицы? Давайте пересмотрим теорию гравитации», — говорят адепты этой гипотезы.

Альтернативные теории гравитации — например, модифицированная ньютоновская динамика (MOND) — способны объяснить отдельные явления. Но пока не удалось создать теорию гравитации, которая объяснит все явления в совокупности и непротиворечиво.

4. Темной материи не существует. Это как раньше с эфиром. Все думали, что он есть (иначе как световые волны могут путешествовать по пустому пространству?). Но оказалось, что свет — не только частицы, но и волна, и эфир для перемещения ему не нужен. Так и тут. Возможно, у уже известных законов физики есть обратная сторона, которую мы не знаем. Но, скорее всего, он завязан на предыдущих сценариях.

ЧТО ДАСТ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ ОТКРЫТИЕ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ?

На сегодня мы знаем 118 элементов таблицы Менделеева. И это лишь 20% вещества. Представляете, какие тайны могут быть сокрыты в остальных 80%?

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Когда в 1960 году Теодор Мейман представил свой первый лазер, он до конца не представлял, как и зачем его можно использовать. А теперь он активно применяется в медицине, химии и навигации. Если темная материя никак себя не проявляет, кроме гравитационного взаимодействия, значит, на нее не накладываются электромагнитные ограничения. Представляете, какие возможности это открывает в материаловедении?

Одинаковые заряды отталкиваются, и сложить сверхплотное вещество в земных условиях невозможно. Только объекты типа нейтронных звезд и черных дыр своей мощной гравитацией вдавливают электроны в протоны и делают сверхплотное вещество.

Нам же темная материя потенциально открывает дорогу к сверхпрочным материалам. Представьте, например, дом из стен толщиной с бумагу, но эти стены держат тепло и ветер лучше кирпича. Да это еще и ультрадешевый материал, ведь чего-чего, а темной материи в космосе 80%. То есть бери — не хочу!

Энергия. Откровенно говоря, энергию мы пока добываем не очень эффективно. Слишком много уходит в тепло, КПД довольно низкий. Даже растения эффективнее используют солнечную энергию для роста и жизни, чем мы со своей инженерией и законами физики. Но все-таки электрическая энергия и энергия атома — это большой шаг вперед по сравнению с углем и паровыми двигателями.

Понимание темной материи может теоретически дать нам доступ к энергии, которая будет намного эффективнее электричества.

Потенциально, используя гравитацию, мы сможем получить доступ к дешевому и неисчерпаемому источнику энергии. Ведь темная материя – идеальный гравитационный материал! Узнав природу темной материи и научившись ею манипулировать, мы получим шанс преодолеть ограничения в ресурсах.

А что же будет, если мы поймем, что темной материи нет и мы просто неправильно понимали гравитацию? В любом случае такое открытие развяжет нам руки и даст лучшее понимание гравитации. А значит, и управление силами притяжения. Как открытие электромагнитного поля в свое время уничтожило понятие «эфир»: что ж, мы выяснили, что эфира нет, но сколько новых возможностей по манипулированию энергией мы получили! И здесь нас должна ждать похожая история.

Освоение космоса. Будущее человечества неизбежно связано с космической экспансией.

На Земле не так безопасно, как кажется. Человечество развилось в период относительного спокойствия. Однако за всю биологическую историю планеты было 5 случаев крупного массового вымирания видов и еще 20 – менее масштабных. И только освоение других планет (говоря экономическим термином, диверсификация жизни) позволит увеличить шансы на выживание.

А как осваивать космос, путешествовать в межзвездном пространстве, если мы не знаем, из чего состоит 80% его вещества?

Путешествия со скоростью света. Пока это из области научной фантастики. Но ключевое слово здесь – «научной». Научная фантастика позволяет экстраполировать факты и законы дальше, в будущее, и шире смотреть на мир.

Расстояния в космосе – гигантские. Если мы будем передвигаться на уровне третьей космической скорости (скорость, при

которой аппарат покинет Солнечную систему, третья космическая скорость относительно Солнца равна 46,9 км/с), до других звездных систем нам лететь сотни и тысячи лет. Колонизация во многом потеряет свой смысл.

Поэтому нам важно летать близко к скорости света, а возможно, и еще быстрее. Как это сделать, если скорость света — максимальная величина? Искривив пространство-время! А это возможно только с помощью создания мощной гравитации (в главе, посвященной будущему, мы разберем, как с научной точки зрения может работать варп-двигатель).

И темная материя — первый кандидат на создание массивных гравитационных объектов.

Мировоззрение. Кроме практической пользы, будет польза философская. Мы серьезно уточним ответ на вопрос, как устроена наша Вселенная. И почему она расширяется с ускорением.

В XIX–XX веках был расцвет философии. Создавались мировоззренческие концепции, которые помогали человечеству определиться с целями и установить моральные границы. Сейчас же философия пребывает в стагнации. Искать смысл жизни в накоплении и потреблении — слишком примитивная задача. Религиозные и идеалистические мировоззрения — в очевидном кризисе.

Человечество не может развиваться без смысла. Это наша важная особенность как вида. По мнению Юваля Ноя Харари, автора книги «Sapiens. Краткая история человечества», единственное отличие человека от других животных в том, что люди могут вдохновиться одной идеей и вместе работать над ее воплощением.

Нужны новые крупные научные открытия, чтобы человечество смогло найти новые мировоззренческие смыслы. Иначе как нам двигаться дальше?

ГЛАВА 21

ЧТО ТАКОЕ ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ И ЧЕМ ОНА ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

Обыватели часто путают темную энергию с темной материей. Однако это совсем разные понятия, хоть оба и выглядят так, будто их достали из лексикона Дарта Вейдера из саги «Звездные войны».

Для астрофизиков темная материя и темная энергия отвечают за разные свойства нашей Вселенной. Как «красно-белые» и «Красное и белое»: если первые ассоциируются с футбольной командой «Спартак» и спортом, то второе — с тем, что обычно спортсменам принимать не рекомендуется. А звучит-то похоже!

Единственное, что объединяет темную материю и темную энергию, — то, что они обе... темные, простите за каламбур! Их трудно обнаружить, и они обе заметны только по косвенным признакам.

Темная энергия — это гипотетический вид энергии. Это понятие ввели в физику, чтобы объяснить, почему Вселенная расширяется с ускорением.

Если разложить Вселенную на массу-энергию, то, согласно данным космической обсерватории Планка, получится, что примерно 68% приходится на темную энергию, 27% — на темную материю и лишь 5% — на наблюдаемое вещество.

Если темная материя обладает гравитацией и не участвует в других видах взаимодействий, то темная энергия представляет собой, напротив, антигравитацию. Вместо притяжения она отталкивает.

Темная материя собирает звезды в галактики и с помощью гравитации не дает им разлететься. Темная энергия отталкивает пространство, заставляя его расширяться с ускорением.

Итак, что-то заставляет Вселенную вести себя не так, как предсказывают наши законы физики. Мы узнали, что Вселенная расширяется со все возрастающей скоростью. И этот процесс, очевидно, требует энергии. Ведь после Большого взрыва расширение Вселенной должно было бы замедляться!

Расширение Вселенной с ускорением — наблюдаемый факт. Однако описать этот процесс исходя из наблюдаемой материи и энергии невозможно. Существует некая скрытая энергия — неизвестный вид энергии с отрицательным давлением, который как бы отталкивает пространство.

Чтобы понять, как проявляет себя темная энергия, представьте себе игру с мячом. Вы высоко подбрасываете мяч. Он сперва летит вверх, а потом, под действием гравитации, начинает возвращаться.

А теперь представьте, что вы подбросили мяч, но он не просто улетел вверх, а продолжил ускоряться. И улетел так далеко, что вылетел в космическое пространство. Как будто гравитация сообщала ему дополнительный импульс, отталкивала его.

Вот примерно так и ведет себя темная энергия, когда речь идет о наблюдениях за далекими галактиками.

Существует несколько гипотез, что представляет собой темная энергия. Она равномерно заполняет пространство. И является константой — неизменной энергетической плотностью. То есть темная энергия — это свойство космоса. Альберт Эйнштейн был первым, кто понял, что пустое пространство — это не ничто. Гипотетически темная энергия — это специфическая потенциальная энергия, оставшаяся со времени появления нашей Вселенной. Темная энергия — модифицированная гравитация на огромных расстояниях. То есть на расстояниях уровня наблюдаемой части Вселенной гравитация начинает вести себя как-то иначе. Не так, как мы описываем ее в привычной нам форме.

Возможно, открытие феномена темной материи поможет в будущем приблизиться к разгадке и темной энергии.

ГЛАВА 22

СТРУКТУРА ВСЕЛЕННОЙ И ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МОЗГА

Материя во Вселенной и в человеческом мозге могла формироваться по одному и тому же закону. Неожиданная гипотеза.

Вселенная напоминает гигантскую паутину, где светящиеся волокна — скопления галактик, а между ними — пустоты. В пустотах практически нет светящейся материи. Советский физик Яков Зельдович заметил эту закономерность и развивал теорию о нитевидной структуре Вселенной.

Удивительное свойство нашего мира — много структур, очень похожих друг на друга. Причем они могут отличаться размерами в миллиарды раз! А Вселенная по структуре очень напоминает устройство нашего мозга, нейроны в котором распределяются по похожему принципу.

Ученые из Болонского университета пошли дальше. Сравнили уже не отдельные клетки, а структуры. Слева вы видите структуру мозжечка под микроскопом. А справа — часть структу-

ры Вселенной. Для оценки идентичности итальянские астрофизики привлекли нейрохирургов, и те подтвердили схожесть.

Ученые сделали любопытный вывод в журнале *Frontiers of Physics*. Пусть есть разница по масштабам в октиллион раз (это единица с 27 нулями), но структуры близки. А значит, физические процессы, которые привели к структурированию материи и в мозге, и в космосе, действовали по схожим законам. Вот структуры и получились одинаковыми.

«Вероятно, взаимосвязи внутри структуры устанавливаются по схожим физическим принципам. При этом очевидно, что галактики и нейроны формировали разные физические силы», — объясняет соавтор исследования, нейрохирург Веронского университета Альберто Фелетти.

Удивительны совпадения микро- и мегамиров. Аналогия прослеживается между звездными системами и атомами. Ведь электроны напоминают те же планеты. А ядро атома — Солнце.

Совершенно точно есть какая-то удивительная симметрия в нашем мире. Пока мы ее фиксируем визуально, но не можем объяснить. Уверен, что рано или поздно наука откроет, с чем связаны эти закономерности. Интересно, при нашей ли жизни?

Конечно, это может быть и простым совпадением. Ведь возможно и то, и то: либо законы организации материи едины и развивались по одному сценарию, либо их сходство является случайным совпадением.

Но авторы исследования уверены: материя во Вселенной и в человеческом мозге формировалась по одному закону. Теперь осталось только его открыть.

ГЛАВА 23

БЫСТРЫЕ РАДИОВСПЛЕСКИ

Весь космос пронизывают быстрые радиовсплески. Почему астрофизики хотят разгадать их тайну?

Если вы когда-либо слушали радио на коротких волнах, то наверняка помните, что там постоянно слышны помехи. Что-то постоянно трещит и щелкает. Примерно то же самое происходит в космосе. До нас из космоса доходит шум, состоящий из непонятных сигналов.

Но в XXI веке астрономы научились выделять странные астрономические сигналы, которые получили название быстрых радиовсплесков. Астрофизики улавливают быстрые радиовсплески с помощью радиотелескопов. Эти радиовсплески представляют собой одиночные импульсы, которые длятся всего несколько миллисекунд. Их природа остается неизвестной.

В какую бы часть Вселенной мы ни посмотрели, их фиксируют отовсюду. Радиовсплески идут от самых разных галактик — как старых, так и новых, как мелких, так и огромных.

Впервые быстрые радиовсплески обнаружили в 2007 году астрофизики из Университета Западной Вирджинии. Местный

аспирант Дэвид Наркевич анализировал данные, полученные с телескопа, и обратил внимание на крайне необычный радиосигнал.

Удивительно, но за миллисекунды при этом сигнале выделилось столько энергии, сколько Солнце испускает за несколько десятков тысяч лет.

Сигнал пришел из точки, которая находится в 3 градусах от Малого Магелланова Облака. Точка располагалась на расстоянии 3 миллиардов световых лет от Земли. Ученые продолжили следить за ней, но импульс не повторился.

Это было уникальным событием, так как аналогичные всплески – это периодические события, которые повторяются со временем. Например, по такой схеме испускают пульсары. А здесь всплеск происходил единоразово.

Дальше оказалось еще загадочнее. Подобные события происходят регулярно. Испускаются в том числе и из тех точек, где их регистрировали ранее. Но без какого-либо периода.

Только в 2020 году удалось отловить источник одной из серий быстрых радиовсплесков. Этим источником оказался магнетар в созвездии Лисички, который расположен в нашей галактике.

Другой сигнал пришел из эллиптической галактики в созвездии Большого Пса. Скорее всего, причиной стало столкновение нейтронных звезд. Но по остальным быстрым радиовсплескам вопрос остается открытым.

Итак, одними из кандидатов на роль генератора быстрых радиовсплесков являются магнетары. Что это за объекты?

МАГНЕТАРЫ

Магнетар – нейтронная звезда с очень сильным магнитным полем. Это самые сильные магниты во Вселенной. Возникает логичный вопрос: а откуда у объекта, состоящего из нейтронов, мощное магнитное поле?

По факту, плотное нейтронное вещество находится ближе к ядру. А в коре нейтронной звезды бурлит жизнь из заряженных частиц.

Диаметр магнетара составляет 20–30 километров, при этом в них содержится масса больше солнечной. Получается это за счет колоссальной плотности. Горошина вещества магнетара диаметром 1 сантиметр весит свыше 100 миллионов тонн.

Вещество магнетара плотно сжато, ведь гравитация здесь достигает такого масштаба, что электроны буквально вдавливаются в протоны.

Магнетары не очень стабильны: срок их жизни не превышает 1 миллиона лет, что очень мало по космическим меркам (на фоне звездных возрастов в 10 и более миллиардов лет).

Всплески, порождаемые ими, по гипотезе современной астрофизики, — это разрыв коры магнетара. В этот разрыв и устремляется вещество. Поэтому за короткий промежуток времени магнетар может испускать энергию, эквивалентную излучению Солнца за годы.

ПОЧЕМУ ОТКРЫТИЕ ПРИРОДЫ БЫСТРЫХ РАДИОВСПЛЕСКОВ ТАК ВАЖНО ДЛЯ НАУКИ

Быстрые радиовсплески до конца непонятны ученым, и это делает их интересными. Они генерируют огромную энергию, и астрофизики пытаются смоделировать физический процесс, который мог бы их вызвать.

Несмотря на то что всплеск был зафиксирован от магнетара, для других сигналов это не подтверждается. К тому же астрофизикам пока не удалось построить непротиворечивую математическую модель, показывающую, как магнетары могут испускать подобные сигналы.

Эти явления чем-то подобны землетрясениям и вулканам на нашей планете. Не было бы у Земли сейсмической активности — нам было бы трудно понять, из чего она состоит и какие процессы происходят внутри.

Сейсмологи изучают звуковые волны, которые идут внутри нашей планеты под действием землетрясений.

Так и природа быстрых радиовсплесков помогает по подобным волнам лучше узнать процессы, происходящие во Вселенной.

ГЛАВА 24

ЧТО НАХОДИТСЯ ЗА ПРЕДЕЛАМИ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Одинока ли наша Вселенная? Или существуют другие вселенные со своими уникальными физическими законами и набором параметров?

Теперь мы, наконец, подошли к опасной грани. Здесь законы физики окончательно перестают играть какую-либо роль. Ведь они работают в ограниченном пространстве, которое мы изучаем.

И для физика вопрос, что же находится за гранью Вселенной, лишен всякого смысла. Ведь он никогда экспериментально — даже гипотетически — не сможет проверить свои домыслы.

Однако на протяжении всей истории человек пытался заглянуть за край нашего мира.

Раньше люди считали, что за пределами Вселенной ничего нет. На то она и Вселенная, раз охватывает весь мир. Но, со-

гласно современной науке, наша Вселенная конечна. А значит, за ее границами тоже что-то существует.

Идею о Мультивселенной породила гипотеза о Большом взрыве. Если была некая начальная точка, то могли быть и другие начала. Альтернативный сценарий — цикличность развития нашей Вселенной, которая как бы пульсирует. Сперва расширяется с ускорением после взрыва, затем, спустя какое-то время, снова схлопывается в одну точку, и процесс повторяется.

Согласно теории Большого взрыва, наша Вселенная за долю секунды расширилась до огромных масштабов. И продолжает расширяться до сих пор. В первые мгновения жизни Вселенной зародились все основные физические константы (масса и заряд частиц и т. п.), которые и определяют устройство нашего мира.

Но где была та самая точка, из которой пошел Большой взрыв, и что находится за границами нашей Вселенной, эта теория не объясняет.

Теорию Мультивселенной я называю смелой и любопытной попыткой объяснить существование нашего мира, не привлекая идеи о Боге.

Это умозрительная теория, доказать которую сейчас нет никакой возможности. Да и в ближайшие миллионы лет вряд ли получится — слишком глобальный вопрос. Для этого надо иметь возможность взглянуть на нашу Вселенную со стороны. Поэтому теория Мультивселенной — это больше философия, чем физика, хотя в ее фундаменте и лежат данные современной астрофизики. Эту теорию разделял Стивен Хокинг, ей и была посвящена последняя статья этого великого ученого.

Умозрительные теории тоже имеют право на жизнь. Это не фантастика в чистом виде, а экстраполяция современных научных теорий на вопросы, которые лежат вне наших экспериментальных возможностей.

Теория Мультивселенной гласит, что наша Вселенная — лишь один из многих и многих миллионов миров. Новые вселенные создаются каждую секунду.

Если нарисовать это образно, то представьте, что существует некий бесконечный океан энергии. На нем есть волны этой энергии, которые накатывают одна за одной. И вот брызги на гребне каждой из волн — это вселенные. Каждый пузырек в море морской пены — это новая вселенная.

Что творится в других вселенных, предсказать невозможно. Согласно представлениям современной физики, в каждой из них может быть свой уникальный набор физических параметров.

В подавляющем большинстве из них физически не может быть жизни. В лучшем случае там будут собираться небольшие звезды со сроком жизни в миллионы лет. И вряд ли есть вещества тяжелее водорода и гелия. По крайней мере, именно такая картина получается, если случайным образом менять константы основных физических величин (заряды, масса микрочастиц, квант энергии и т. п.).

Гипотез существует много. Все они по-разному объясняют процесс рождения новых вселенных и законов, царящих в них. Стивен Хокинг, например, был уверен, что физические законы в других, параллельных вселенных могут быть такими же, как у нас.

В своей последней работе Хокинг высказал мнение, что параллельные вселенные должны быть похожи на нашу. А Большой взрыв породил бесконечное их множество. Пока это наиболее проработанная научная гипотеза Мультивселенной.

Заглянуть в другие миры — задача интересная. Но с помощью обычных законов физики и наших технических средств — маловероятная. И все-таки в теории возможная: черные дыры могут быть теми самыми воротами в другие вселенные за счет умения искривлять пространство.

ЧАСТЬ V

КОСМОС БУДУЩЕГО

С проблемами, которые мы затронем в этой главе, рано или поздно человечество столкнется. По крайней мере, очень хочется на это надеяться. Не столкнемся с ними мы лишь в случае глобальной катастрофы, которая сделает невозможной для человечества космическую экспансию. Но, будучи убежденным оптимистом, в этот сценарий я верить наотрез отказываюсь!

ГЛАВА 25

КАКОЙ ВИДЕЛИ ВСЕЛЕННУЮ ДРЕВНИЕ ГРЕКИ

На первый взгляд, может показаться странным, что главу про будущее я начинаю с древних греков.

Однако я уверен, что именно у древних греков сейчас нам есть чему поучиться. Они смотрели на космос через призму человека. Искали космическую гармонию в себе и наделяли человеческими чертами космос.

Но главное — они умели «отпускать» сознание. Думать о космосе, не сковывая себя рамками традиционного мышления. И логика вместе с интуицией позволяли им находить удивительные решения проблем.

В свое время Ньютон верно заметил: «Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов». В этой фразе — вся суть науки. Мы по крупницам собираем знания. Ученые совершают локальные и часто малопонятные и незначительные для публики открытия. Но песчинка к песчинке — *и выстраивается гигантская пирамида человеческого прогресса.*

Древние греки – уникальный народ. У них не было ни серьезных технических средств, ни мощного математического аппарата, ни «плеч гигантов». Но они парадоксальным образом уловили всю суть устройства мира. Практически любую мировоззренческую идею современных ученых греки предвидели.

Вместо математики они использовали язык метафор. Находили для своей мысли художественную аналогию, которая должна была точно перенести математическую пропорцию явления.

Греки не знали, насколько необъятна наша Вселенная с ее галактиками, туманностями, черными дырами и т. д.

Однако им удалось создать интересную модель космоса, которая на практике была верной. И термин «космос» впервые ввели именно в Древней Греции, положив начало астрономии как полноценной науке. Давайте разберем, как же представляли древние греки устройство нашей Вселенной.

Для начала уточним, когда и как появились современные представления о космосе.

Пониманию устройства Вселенной, как ее знаем мы, не так много лет. В XVI веке Коперник предположил, что именно Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот.

Впервые предположение о том, что Солнце и другие ближайшие звезды составляют галактику, сделал Иммануил Кант в XVIII веке. Знаменитый философ вообще совершил много открытий в астрономии. Кант также придумал теорию происхождения Солнечной системы, включая все планеты. Насколько велик был его гений, что он сумел перекрыть свои достижения в астрономии и запомнился людям как философ!

Что же касается других галактик – по факту, мы узнали об их существовании только в XX веке, когда открыли галактику Андромеды и Магеллановы Облака.

Но в XX веке у нас уже были довольно продвинутые приборы. И картина мира, основанная на физических законах. Ученые могли изучать галактики и Вселенную, не прибегая

к зрению, так как дальние сигналы принимаются и расшифровываются не в оптическом диапазоне.

Древние греки не имели доступа к такому оборудованию. У них были только звезды, планеты, Солнце и их удивительное мышление, с помощью которого они пытались дорисовать картину мира. Греки охотно использовали знания в политических целях.

Первым солнечное затмение предсказал Фалес Милетский. Он предположил, что затмения происходят потому, что Луна закрывает Солнце. А дальше математически подсчитал, что это произойдет 28 мая 585 г. до н. э. Фалес представил это как «пророчество» и использовал, чтобы примирить Лидию и Мидию, которые могли истощить друг друга в смертельной схватке.

А так бойцы побросали оружие, разбежались по своим лагерям. А их цари начали мирные переговоры.

Фалес первым определил угловой размер Луны и Солнца в $\frac{1}{2}$ градуса; он нашел, что размер Солнца составляет $\frac{1}{720}$ часть от его кругового пути, а размер Луны — такую же часть от лунного пути. Именно Фалес создал математический метод в астрономии, после чего наука стала бурно развиваться.

НЕБЕСНЫЕ СФЕРЫ

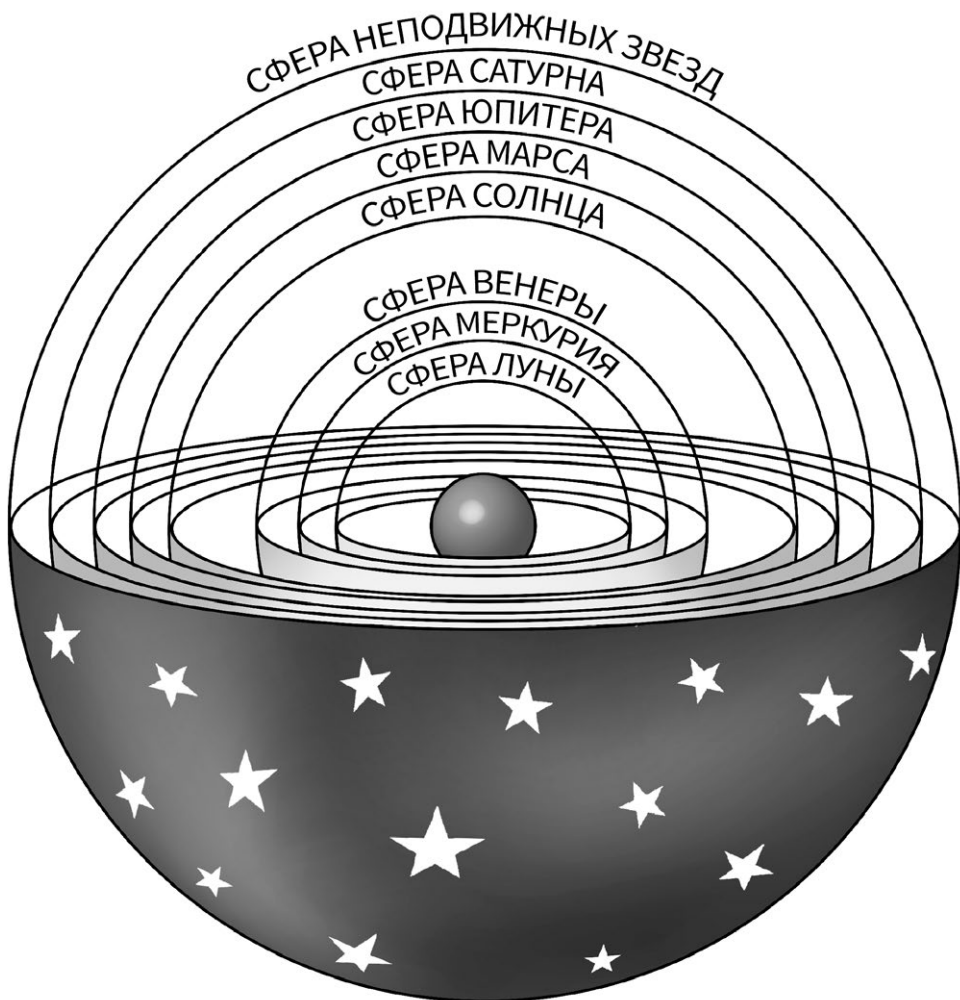
Платон, Аристотель и другие знаменитые мыслители Древней Греции представляли космос как серию концентрических сфер, по которым движутся планеты. С Землей в центре.

Древние греки создали самую красивую — геометрическую — картину космоса. Они мыслили мир идеальным и совершенным, поэтому у них и были сферы. Но подобных идеальных траекторий не существует в природе. Даже Земля и Луна — не идеальные шары, а чуть приплюснутые.

Греки смогли отличить планеты от звезд. Они заметили, что пять светящихся точек странно себя ведут. В какой-то момент

они делают петлю и начинают двигаться вспять. И эти светящиеся точки, в отличие от звезд, не мерцали.

За счет своего интеллекта греки сумели догадаться, что мир состоит из атомов! Разглядеть такие частицы нельзя, но если предметы со временем стираются, уменьшаются в размерах — значит, они теряют частицы, решил древнегреческий философ Демокрит.



Серия концентрических сфер у древних греков. Иллюстрация

С помощью интеллекта и наблюдательности греки составили свое видение космоса. Да, они ошибались, но были близки к современному пониманию мира.

Греки агрегировали знания других народов: шумеров, египтян, персов и т. д. И добавили философский подход и математический инструмент.

Древнегреческие философы стали первыми, создавшими астрономию как теоретическую науку. Они научились предсказывать движения планет и звезд, а не просто наблюдать за их ходом.

Для греков Вселенная была машиной, работающей на механических и математических принципах. И они были уверены, что эти принципы можно понять с помощью логики.

Первую космологическую концепцию создал Анаксимандр. Философ считал, что Земля висит в космосе, а вокруг нее движутся другие объекты по небесным сферам. Саму же Землю он представлял цилиндром.

Анаксимандр был далек от истины, но задал импульс. Предложив свою концепцию, он стимулировал дискуссию. И другие философы наперебой стали предлагать свои варианты.

ЗЕМЛЯ — КРУГЛАЯ! КАК И ВСЕ В КОСМОСЕ

Математика и логика были главными способами греков познавать мир. И они достигли в этом колоссальных успехов. Пифагор представил концепцию о том, что Земля имеет форму шара. Он обратил внимание на то, что корабли исчезают за горизонтом. Гераклид Понтийский в IV веке до н. э. добавил, что Земля — не просто шар, она еще и вращается. Но если идеи Пифагора были восприняты обществом, то идеи Гераклида греки сочли слишком смелыми. Ведь если Земля вращается, мы бы это чувствовали, были уверены его современники.

Греки продолжали и дальше развивать и уточнять картину мира, руководствуясь только наблюдательностью и интеллектом.

Земля — шар! Глава Александрийской библиотеки Эратосфен не удовлетворился этим знанием и решил узнать размеры нашей планеты. Эратосфен высчитал радиус Земли — у него получилось 6302 км. А по данным современных исследований радиус Земли — 6371 км. Очень близко!

Красивую идиллическую картину дорисовал Платон. По его мнению, звезды, Солнце и Луна были прикреплены к концентрическим кристаллическим сферам, которые вращались внутри друг друга. Внешняя, самая далекая сфера включала в себя звезды. А сферическая Земля находилась в центре.

Однако концепция Платона хоть и была очень красивой, но на практике не работала, потому что орбиты не сферические и точно предсказать движение планет с помощью его теории было нельзя.

Птолемей был тем, кто объединил все лучшие (на тот момент) идеи. И предложил сложную систему, в которой звезды и планеты не просто ходят по небесным сферам, но при этом еще и наворачивают небольшие круги.

Система сложная, весьма далекая от реальности, но по ней можно было эффективно предсказывать движение звезд и планет. Тот случай, когда логика и математика смогли смоделировать идеальный мир. Не коррелирующий с реальностью, но не противоречивый!

Птолемей придумал свою систему во II веке н. э. Он же изобрел астролябию — инструмент, который помогал измерять широту и долготу небесных тел. И этой системой эффективно пользовались 1400 лет!

Аристарх Самосский (III век до н. э.) и ряд других философов уже тогда догадались, что Земля — вовсе не центр Вселенной, а всего лишь планета, которая вращается вокруг Солнца. Но христианство взяло за основу философию Аристотеля и Птолемея, которые ставили во главу угла Землю. Это отодви-

нуло прогресс в космологии почти на полтора тысячелетия. И только в XVI веке Коперник вновь реанимировал гелиоцентрическую идею.

Пример древних греков отлично иллюстрирует широту интеллектуальных возможностей человека. В древние времена, не имея под рукой серьезных инструментов, греки смогли довольно точно описать наш мир. Что же можем сотворить мы, обладая технологическим арсеналом XXI века? Давайте немного заглянем в будущее, чтобы понять, какие вызовы в космосе ждут человечество. А еще попробуем предсказать сценарии, по которым проблемы будут решаться.

ГЛАВА 26

КОЛОНИЗАЦИЯ КОСМОСА

Нет сомнений, что за космической экспансией — будущее. Ведь в противном случае у нас вообще никакого будущего не случится.

Как мы подробно разобрали в главе про Землю, комфортной жизни на нашей планете осталось 500 миллионов лет. Да, мы и наши прапраправнуки эти времена не застанем, даже если будем есть спаржу и бегать по утрам. Это очень мало в сравнении с тем, сколько жизнь уже существует на Земле (более 4 миллиардов лет). И это довольно скромно, если человечество будет тратить все ресурсы на выяснение, какая страна и какой лидер сильнее и богаче.

Однако 500 миллионов лет более чем достаточно, если люди консолидируют силы на решение проблемы космической экспансии.

КОСМИЧЕСКАЯ ЭКСПАНСИЯ: ЗА И ПРОТИВ

В 1925 году Константин Циолковский писал в своем трактате «Монизм Вселенной»: «Техника будущего даст возможность одолеть земную тяжесть и путешествовать по всей Солнечной

системе. Посетят и изучат все ее планеты. Несовершенные миры ликвидируют и заменят собственным населением. Окружат солнце искусственными жилищами, заимствуя материал от астероидов, планет и их спутников. Это даст возможность существовать населению в 2 миллиарда раз более многочисленному, чем население Земли».

Когда Константин Эдуардович писал свой трактат, число жителей Земли приближалось к 2 миллиардам человек.

ЗАЧЕМ ЛЮДЯМ КОЛОНИЗИРОВАТЬ ДРУГИЕ ПЛАНЕТЫ

Катастрофы на Земле способны уничтожить жизнь. При чем катастрофы как техногенные, спровоцированные людьми, так и естественные – например, падение метеорита. В истории нашей планеты было 11 (!) массовых вымираний. Это распространенное явление, от которого нужно защититься. В том числе путем распределения человечества по нескольким планетам.

Важно создать «резервные копии» человечества. Если вдруг жизнь на Земле погибнет – всегда в резерве будут люди, которые смогут ее восстановить.

Технологический предприниматель Илон Маск заявил: «В будущем Земля, вероятно, переживет катастрофу и мы выйдем. Альтернатива этому – человечество должно стать космическим видом». Трудно не согласиться с его словами.

Новые технологии. В процессе освоения других планет человечество столкнется с серьезными трудностями. Преодолевая их, люди научатся новому. Например, солнечная энергетика в космосе куда более эффективна, чем наши ТЭЦ и ГЭС.

Освоение космоса даже на нашем, примитивном уровне стимулирует медицину, биологию, компьютерные технологии и робототехнику. При колонизации других планет эти технологии

будут прогрессировать семимильными шагами, параллельно улучшая жизнь на Земле.

По такому принципу живут многие успешные люди. Они специально выходят из зоны комфорта – например, осваивают новый вид спорта или творчества, чтобы получить важные навыки. Не вогнав организм в стресс, новых навыков не получишь. А тут деваться некуда.

Так и человечество с новыми технологиями. На Земле мы можем перебиваться уже имеющимися. Но в условиях сурового космоса нам потребуются умные роботы, квантовые компьютеры, продвинутая медицина, чтобы лечить человека на расстоянии. Агротехнологии для выращивания растений вне Земли также ждут большие инновации.

Новые материалы высокого уровня, дешевые и прочные, также стимулируются развитием космической индустрии.

Астробиология. Чтобы заселить другие планеты растениями, нужно помочь им адаптироваться. Изменение ДНК растений сделает их более эффективными и устойчивыми.

Солнце и Земля не вечны. Нам нужны новые плацдармы для сохранения и развития жизни. Это сейчас кажется, что срок долгий и пока не стоит заморачиваться. Но копить знания нужно начинать уже сейчас;

Ограниченные ресурсы. Ресурсы на нашей планете в обозримом будущем закончатся. Другие планеты могут дать нам необходимые ресурсы.

Конфликт поколений. Медицина успешно решает вопрос повышения продолжительности жизни.

Средняя продолжительность жизни в начале XX века составляла всего 33 года. Сейчас – 74 года, а у стран-лидеров – Японии и Гонконга – 85 лет.

И медицина будет и дальше поднимать этот показатель.

Высокая продолжительность жизни неизменно приведет к конфликту поколений. Ресурсы и власть будут находиться

у старших, и они не будут спешить ими делиться. Тем более что сейчас проще долго находиться в здравом уме. Экспансия снимет этот вопрос, ведь возможностей для развития будет много.

Мировоззренческая цель. Колонизация других планет — это возможность найти новую внеземную жизнь и узнать больше об устройстве нашей Вселенной. Человек не может просто жить. Человеку важно изучать и понимать, как устроен мир.

Не все ученые согласны с тем, что человечеству надо стремиться к космической экспансии. Справедливости ради приведу мнение оппонентов идеи колонизации космоса.

Американский астронавт Джон Гленн и российский космонавт Константин Феоктистов сомневаются в идее космической экспансии. Аргумента два:

1) На Земле много неосвоенного пространства. Большая часть океана не изучена. Антарктида не освоена. Человечеству есть куда развиваться и на своей планете.

2) Человек в космосе не нужен. Обеспечение обходится слишком дорого. Надо развивать робототехнику и максимально автоматизировать процессы.

Однако и Гленн, и Феоктистов не считают, что колонизация космоса не нужна. Просто на данный момент это сложно и дорого. Возможно, стоит пока копить знания и технические ресурсы для будущего освоения других планет.

ГЛАВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, КОТОРЫЕ МЕШАЮТ НАМ ПОКОРЯТЬ ДРУГИЕ ПЛАНЕТЫ

Гигантские расстояния. В Солнечной системе мы способны за месяцы или дни преодолеть эти расстояния. Экспансия же в другие звездные системы займет много лет. Сменяются поколения, колонисты могут забыть цель полета и то, как поль-

зоваться технологиями. Да и вне космического корабля им может быть настолько некомфортно, что ни к какой экспансии они не приступят.

Недружелюбные условия на других планетах. Вопрос с водой, теплом и кислородом как-то можно решить. Но человечеству важно не просто выжить на другой планете, но и обжить ее. Заселить растениями, сделать пригодной атмосферу. А на многих планетах это в принципе невозможно, потому что из-за слабого магнитного поля и низкой гравитации они просто не удержат атмосферу.

Этика и политика. Ну хорошо, представим, что человечество заселило какую-нибудь Глизе 581 d – экзопланету, потенциально подходящую для жизни. Находится она в системе красного карлика на расстоянии 20 световых лет от Земли.

Но как взаимодействовать с людьми с этой планеты? Как управлять этой колонией?

А представьте, что произойдет после нескольких смен поколений колонистов. Условия на других планетах всегда будут отличаться от земных. Люди здесь будут эволюционировать по-особенному, адаптируясь под текущие реалии. Эти люди будут обладать другими когнитивными способностями, иначе решать проблемы. У них будет особое эмоциональное восприятие. Спустя некоторое время мы получим не просто другую нацию, а полноценный новый вид людей. С которым даже новое общее потомство завести не сможем из-за разницы в физиологии.

А если таких планет будет пять, десять? У них будут свои собственные культуры, языки, правительства. Своя картина мира и политические институты. Никакой единой Империи в таком случае и быть не может!

Как бороться с преступностью? В классической криминалистике существует интересный постулат: если у человека есть возможность совершить преступление и сделать это безнаказан-

но — он рано или поздно его совершит. А тут мы получаем идеальную возможность для расцвета преступности.

Даже если на Земле вынесут приговор, он будет добираться до новой планеты со скоростью света. В случае с Глизе 581 d — 20 световых лет.

И, наконец, самое опасное. При всех вышеназванных проблемах колонисты на разных планетах будут быстро терять доверие друг к другу. А без доверия первое, что начнут делать люди, — вооружать свои планеты. Причем многим придет в голову знаменитое правило «Лучшая защита — это нападение». Получим на ровном месте еще одну выматывающую войну.

КРИТЕРИИ ПЛАНЕТ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ КОЛОНИЗАЦИИ

Задача человечества при колонизации — не просто прилететь и поставить базу, а создать полноценные условия для развития жизни. Важно провести терраформирование планеты. То есть изменить климат так, чтобы атмосфера, температура и экология смогли стать комфортными для жизни.

Для этого необходимо, чтобы планета удовлетворяла нескольким базовым критериям.

Гравитация. В идеале — примерно земная. В главе про возможную жизнь на планетах с высокой и низкой гравитацией мы рассмотрим подробнее вопрос, какое влияние оказывает сила притяжения на организм.

Однако экстремальные показатели можно отсечь сразу. Слишком маленькая гравитация не сможет удержать атмосферу. А одна из ключевых задач первых колонистов — создать самовоспроизводящуюся атмосферу, как на Земле. Поэтому основать полноценную колонию на маленьких планетах не получится.

Аналогично и на сверхмассивных планетах с высокой гравитацией. Нагрузки на организм тут будут такие, что здоровье быстро закончится.

Энергия звезды. Планета должна получать достаточно энергии от своей звезды. Иначе растения не смогут размножаться — им же нужна энергия для фотосинтеза. Также необходимо тепло для прогревания поверхности планеты.

Переизбыток, очевидно, тоже опасен, так как никакой защиты от радиации звезды не хватит, если она мощная, а планета находится совсем близко.

Твердая поверхность. Очевидно, что планеты типа газовых гигантов не подойдут для земных форм жизни.

Хотя и есть в теории проекты «плавающих» в атмосфере городов (так как в атмосферах планет часто более комфортное давление и температура, чем на поверхности), но это пока на грани научной фантастики.

Вода. Нужны запасы воды хотя бы в виде льда. Вода необходима для поддержания жизни и людям, и растениям, и животным ежедневно. Поэтому большинство планет Солнечной системы и множество экзопланет по этому критерию можно отсеять сразу.

Защита от радиации. Важно, чтобы у планеты были атмосфера и магнитное поле, которые защищают от опасного воздействия космических лучей.

Магнитное поле в принципе обязательно должно быть. Даже если вопрос с радиацией будет решен другим способом (например, атмосфера не пропускает космическое излучение), поле защитит атмосферу от потери водорода. Космические лучи будут тормозиться атмосферой, но выбивать из нее весь водород. И планета будет обезвожена.

Конечно, для нас идеальны планеты в «зоне Златовласки», но их спектр может быть гораздо шире. Ведь даже у холодных далеких планет могут быть пригодные для жизни условия. Например, под поверхностью.

ПОЧЕМУ ВНУТРИ ХОЛОДНЫХ ПЛАНЕТ ЕСТЬ ГОРЯЧИЕ ОКЕАНЫ

Недавно один из читателей моего канала «Популярная наука» задал резонный вопрос: откуда на спутнике Сатурна Титане может быть вода в жидком виде? Это же далекий холодный объект. Температура у поверхности Титана составляет в среднем -180°C .

Однако ученые полагают, что под поверхностным слоем на Титане есть жидкая вода. Правда, очень соленая и сильно разбавленная аммиаком. И такая ситуация у многих удаленных планет.

Возьмем для примера Нептун, который еще называют «ледяным гигантом». У Нептуна под поверхностью, на глубине, есть горячий океан из плотной жидкости, которую называют водным аммиаком. При этом сам Нептун — очень холодная планета, температура на поверхности которого опускается ниже -200°C .

Нептун не исключение. Поверхность Земли обычно холодная, иногда намного ниже нуля, а ее ядро разогрето до 5400°C .

Ситуацию спасают горячие ядра планет и высокое давление внутри.

Поверхность Марса очень холодная, а его ядро имеет температуру 1600°C .

Юпитер находится далеко от Солнца. Температура нижнего слоя атмосферы, расположенного у поверхности, — -130°C , а облака в верхних слоях еще холоднее. Однако его ядро имеет температуру $24\,000^{\circ}\text{C}$.

Перечислять можно до бесконечности, закономерность вы уже поняли.

За счет чего они не остывают? Ведь у них нет таких термоядерных реакций, как у звезд. А из жизненного опыта мы знаем, что если нет сильного источника тепла, а вокруг очень холодно, то предмет рано или поздно тоже замерзнет. Положите в морозилку любой горячий продукт — и он скоро остынет, достигнув температуры окружающей среды.

Кора каждой из планет — это изолирующий экран. Он сильно снижает потерю тепла, как кора цитруса не дает раньше времени вывалиться мякоти.

Добавим сюда широкий слой мантии, который у многих планет занимает бóльшую часть объема. К примеру, земная мантия занимает около 80% объема нашей планеты. И это еще один мощный защитный слой — как теплый свитер под курткой.

При этом тепло в недрах планет постоянно восстанавливается. Изначально ядра получились горячими из-за гравитационного сжатия пыли и газа на заре их образования.

Сейчас продолжается распад радиоактивных элементов внутри планет. Радиоактивный уран, торий и калий по-прежнему выделяют тепло во время реакций.

Важную роль играют и силы трения между слоями в недрах планеты. Поэтому ядра планет продолжают поддерживать энергию и немного разогреваться. А потери тепла в них минимальны за счет планетарной коры и атмосферы.

Это необходимый минимум. Теперь давайте посмотрим, какие планеты и насколько ему удовлетворяют.

ГЛАВА 27

ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ КОЛОНИЗАЦИИ

В Солнечной системе не так много планет, где условия потенциально подходят землянам. Точно отпадают газовые гиганты — они слишком крупные и токсичные.

Поэтому поиск должен идти среди планет так называемой земной группы. Кроме классических Меркурия, Венеры и Марса к ним относятся и ряд спутников, вращающихся вокруг газовых гигантов. У таких планет должно быть мощное ядро в центре, чтобы блокировать космическую радиацию. У них высокая плотность, так как в их составе в основном более тяжелые элементы: кислород, кремний, железо, магний, алюминий и т. д.

Меркурий точно отпадает: слишком близок к Солнцу. На Меркурии невозможна атмосфера — ее моментально сдувает солнечный ветер. Давайте посмотрим на других интересных претендентов.

ВЕНЕРА

Сейчас Венера, пожалуй, самая негостеприимная планета для любой жизни. Температура здесь даже выше, чем на Меркурии, хотя он расположен ближе к Солнцу. Все это происходит из-за парникового эффекта. Атмосфера Венеры не выпускает тепло с планеты, поэтому температура стабильно высокая: она составляет 462 °С.

Плотная атмосфера создает сильное давление. На поверхности Венеры давление в 92 раза выше, чем на поверхности Земли. Атмосфера крайне токсичная. По небу на огромной скорости летят облака серной кислоты.

Однако ученых по-прежнему очень увлекает Венера, ведь она во многом похожа на Землю. Ученые называют Венеру «сестрой-близняшкой» Земли, поскольку наши планеты очень похожи по размерам и составу.

Действительно, планеты образуются из так называемых протопланетных дисков. Это совокупность вещества, плотного газа, который вращается вокруг молодой звезды. Со временем из этого газа образуются планеты.

Вещество, которое легло в основу Земли и Венеры, плюс-минус похоже. Ведь области газа, из которого произошли обе планеты, по космическим меркам были совсем рядом.

ПОЧЕМУ НА ЗЕМЛЕ ЖИЗНЬ ПОЯВИЛАСЬ, А НА НАШЕМ «БЛИЗНЕЦЕ» — ВЕНЕРЕ — НЕТ?

Группа астрофизиков из Женевского университета смоделировала ситуацию, которая была на заре Солнечной системы. Ученым удалось найти ответ, почему Земля и Венера пошли в своем развитии по разным путям. Результаты исследования опубликованы в научном журнале Nature.

ТРАГЕДИЯ «СЕСТРЫ-БЛИЗНЯШКИ» ЗЕМЛИ

Ученые применили климатические модели, которые используются для моделирования климата на нашей планете, к условиям, которые были более 4 миллиардов лет назад. Тогда Земля и Венера были горячими и покрытыми магмой.

Для формирования океанов жидкой воды нужна довольно низкая температура, чтобы шел процесс конденсации, образовывались облака водяного пара и шел дождь. Процесс этот занимает как минимум несколько десятков миллионов лет. Солнце 4 миллиарда лет назад светило на 25% слабее, чем сейчас. И для Земли это оказалось идеально! Было достаточно холодно, чтобы процесс конденсации охватил всю планету.

А вот на Венере этого не произошло. Согласно климатической модели, все облака собрались на ночной стороне Венеры. Вместо того чтобы равномерно распределиться по поверхности, они собрались там, где было прохладно. И не смогли защитить «дневную» часть Венеры от палящего Солнца.

Хотя Венера и не повернута одной стороной к Солнцу (как, например, Луна по отношению к Земле, потому что ее оборот синхронизирован с земным), но вращается она медленно. Так что на обратной стороне почти всегда царит ночь. Поэтому за те же миллионы лет облака только поспособствовали парниковому эффекту, удерживая тепло на планете. А вода могла существовать только в форме пара. И все-таки до начала катастрофического разогрева жизнь на Венере вполне могла существовать.

ЗЕМЛЯ МОГЛА ПОЙТИ ПО ТОМУ ЖЕ ПУТИ

Если бы Солнце 4 миллиарда лет назад было таким же ярким, как сейчас, мы бы пошли по пути Венеры. Земля не смогла бы накопить жидкой воды. Атмосфера на самой Земле была

раскаленная, везде бушевали вулканы. И, как отмечают ученые, «тусклое молодое солнце было ключевым ингредиентом, фактически сформировавшим первые океаны на Земле».

КУДА ИСЧЕЗЛА ВОДА С ВЕНЕРЫ

Ну хорошо, на Венере возник парниковый эффект. Но куда же делась вся вода, которая тут была? Могла бы остаться хотя бы в виде пара. На Венере вода могла быть в том же количестве, что и на Земле. Однако солнечный ветер постепенно смел всю воду.

Венера и сейчас продолжает терять тот немногий запас кислорода и водорода, который все еще есть в ее атмосфере. Без мощного магнитного поля солнечный ветер атакует верхние слои атмосферы. Молекулы воды расщепляются на водород и гидроксильную группу ОН. Водород улетает в космос, а Венера полностью обезвоживается.

Конечно, Венера находится ближе к Солнцу, чем наша Земля, а значит, действие солнечного ветра здесь разрушительнее. Но дело не только в этом. Ведь Марс, например, находится гораздо дальше от Солнца, а также растерял всю атмосферу из кислорода и водорода. Проблема — в слабом магнитном поле и у Венеры, и у Марса. Они не могут противостоять солнечному ветру. У Земли же магнитное поле сильное, и наша планета держит удар. На слабость магнитного поля Венеры влияют низкая конвекция в мантии и медленное вращение.

ТЕРРАФОРМИРОВАНИЕ ВЕНЕРЫ

Жить на поверхности Венеры в текущих условиях невозможно. Никакая инфраструктура не выдержит настолько враждебной атмосферы и высоких температур. Однако по осталь-

ным параметрам Венера — весьма привлекательный объект для колонизации.

Первый вариант — построить «летающий город» на высоте 50 км, где вполне комфортные температура и давление. Подобный проект разработали ученые из Исследовательского центра Гленна NASA.

Второй вариант обжить Венеру — провести преобразование планеты.

Американский астроном Карл Саган предложил запустить в атмосферу Венеры генно-модифицированные организмы: водоросль хлореллу, сине-зеленые водоросли или споры плесени. На высоте 60 километров от поверхности в атмосфере Венеры вполне комфортные условия: и температура около 30 °С, и давление, близкое к земному.

Микроорганизмы начнут быстро размножаться, ведь там у них нет внешних врагов. Они начнут производить кислород, что резко снизит парниковый эффект на Венере. Атмосфера станет менее токсичной, а поверхность не будет такой горячей.

Теоретически схема вполне реализуема. На практике есть одно препятствие, о котором я писал выше: на Венере нет воды. Если решить эту проблему — например, завезти какое-то количество воды или создать возобновляемый источник, — то идея терраформирования Венеры может быть осуществима на практике.

ЛУНА

Наш естественный спутник прямо напрашивается в кандидаты на колонизацию. Лететь недолго: всего четыре с половиной дня — и ты на Луне! Связь с Землей довольно оперативна. Можно обмениваться материалами.

В первой части мы подробно разобрали, для чего человечеству полезно колонизировать Луну. В этой главе мы разберем, как технически можно это сделать и что для этого нужно.

Конечно, произвести терраформирование Луны, как в случае с Венерой, невозможно. У Луны нет электромагнитного экрана и не хватит гравитации, чтобы удержать атмосферу. Поэтому воссоздавать атмосферу целиком и заселять Луну организмами нет смысла. Держать постоянную обитаемую базу на Луне очень дорого. Самое сложное – обеспечить инфраструктуру для жизнеобеспечения и защитить ее от опасного космического излучения. Впрочем, люди на Луне на длительный период не нужны. Человек запустит производство, а в дальнейшем процесс может управляться удаленно. А реализацией – созданием базы, проведением исследований и т.п. – смогут заниматься роботы.

Проекты колонизации Луны создавались в СССР (сейчас в России), США и Китае.

А вот какие проекты в разное время озвучивали эксперты NASA:

Роботы-аватары. Колонизировать планету целиком будут роботы, но с эффектом телеприсутствия. Они будут транслировать сигнал и частично управляться инженерами с Земли.

Один из вариантов – костюм виртуальной реальности. Инженер в костюме будет управлять дистанционно действиями робота. Костюм могут менять специалисты разных профессий, чтобы задействовать те или иные функции робота.

Программа «Артемиды». Создание окололунной станции. Активность и вылеты будут происходить с нее. После работ космонавты будут возвращаться на станцию. Пока проект существует на уровне идеи, без серьезной проработки. Изначально вырос из более раннего проекта Gateway, цель которого была – создать орбитальную лунную базу. У Gateway была очень неудобная для высадки орбита. Сейчас существуют оба проекта. Но Gateway постепенно закрывается, а сроки «Артемиды» переносятся.

LunarOasis. Этот проект был разработан в NASA еще в 1989 году.

Авторы проекта – сотрудники NASA Майкл Дьюк и Джон Ньехофф – просчитали все до мелочей. Проект должен был занять девять лет. Всего должно было состояться 30 полетов, из них 15 пилотируемых, а остальные – уже беспилотные. В рамках каждого полета на лунную поверхность доставлялось бы по 14–20 тонн груза. На последнем этапе планировалось доставить купол, стены которого пропитаны водородом. Сам модуль для космонавтов находился бы в кратере, ниже нулевого уровня лунной поверхности. Солнечные батареи давали бы энергию. Всего на базе можно было разместить 10 человек. Они бы работали так же, как и на МКС, – сменами.

Проект технически вполне реализуемый. У него только одна проблема. Стоимость проекта (подсчитана на 2011 год) составила 550 миллиардов долларов. Для сравнения, годовой бюджет NASA в 2020 году – 22,6 миллиарда долларов.

Роскосмос планировал пилотируемые экспедиции на орбиту Луны без высадки на поверхность к 2030 году. К 2040-му – создание базового лунного полигона и к 2050-му – создание обитаемой базы и старт добычи полезных ископаемых. В Европе заявляли о планах колонизации Луны в 2030 году, в Китае – в период 2040–2060 годов. Европейское космическое агентство планировало достроить полностью автономную базу на Луне в 2062 году.

Однако пока все эти проекты недостаточно проработаны. И все, включая NASA, заявили о том, что не получают достаточно финансирования, чтобы реализовать проекты в срок. Единственный возможный выход – объединиться несколькими странами. Ни одна страна в мире сейчас такой проект не потянет. Или придется взять максимум ресурсов на его реализацию из бюджета. А это удар по обычным, «земным» гражданам, так что никто рисковать не будет.

МАРС

Безусловно, Марс — кандидат номер один на планету для будущей экспансии. И вполне очевидно, что глава про колонизацию Марса будет больше, чем описание планов по освоению других планет.

В ЧЕМ МАРС ЛУЧШЕ, ЧЕМ ДРУГИЕ КАНДИДАТЫ НА КОЛОНИЗАЦИЮ

Ресурсы здесь богаче, чем на Луне. Гравитация комфортная, температура не экстремальная. И нет токсичной атмосферы, как на Луне.

Луне Марс проигрывает только в одном: лететь до него в 100 раз дольше. Если до Луны можно добраться за 4 дня, то полет до Марса занимает, в зависимости от траектории, от 120 до 400 дней. Во втором случае — практически целый год.

Площадь поверхности Марса составляет 28,4% от земной. У нас на сушу приходится 29,2%, а остальное — океаны, озера и прочие водоемы. Получается, что площадь поверхности Марса практически совпадает с площадью суши на Земле.

И на местном грунте в будущем теоретически можно выращивать растения. На Луне это не получится, так как поверхность покрыта острой пылью.

ПЛАН ПО КОЛОНИЗАЦИИ МАРСА

Илон Маск высказал серию идей по колонизации Марса. Он предлагает построить гигантский космический корабль на 100 человек. Это не будет разовой акцией. Корабли должны в течение 100 лет совершить несколько тысяч полетов на Марс. Это

позволит перевезти туда все необходимое, чтобы там возник крупный мегаполис. Но перевозка оборудования — это половина задачи. Космические миссии упираются в деньги, и этот вопрос теоретически можно решить. Гораздо более важные вопросы — где построить первую базу и как сделать Марс пригодным для жизни. Давайте последовательно их разберем.

КРАТЕР КОРОЛЕВА НА МАРСЕ — ОДНО ИЗ ЛУЧШИХ МЕСТ ДЛЯ КОЛОНИЗАЦИИ

В научных кругах сейчас бурно обсуждают этот кратер. Чем же он примечателен? Его диаметр — 82 км, а глубина — 2 км. Главная особенность — он круглогодично до краев заполнен чистейшим льдом. По количеству потенциальной воды объем льда, накопленный в кратере, сравним со знаменитым Большим Медвежьим озером в Канаде. Это лед, который можно растопить для сельскохозяйственных культур и космонавтов. Лед можно разложить на водород (для топлива) и кислород (для дыхания). В кратере образовалась так называемая ледяная ловушка. Тут холоднее, чем в окружающей среде. Воздух тяжелеет и оседает защитным слоем, который не дает испаряться льду. За миллионы лет накопился такой слой. Как выяснили ученые, в этом месте никогда не было водоема, поэтому вся вода замерзала и собиралась веками.

Первые поселения на Марсе будут, скорее всего, подземными (будем пользоваться нашим, «земным» термином, пока не придумали какое-нибудь новое модное слово типа «подповерхностный»). Причем самим копать грунт даже не придется. На Марсе найдено множество лавовых трубок. Это такие полости в лавовых потоках, которые образуют подземные коридоры. По задумке ученых, лавовые трубки будут удобными площадками для первых колоний людей на Марсе. Они обеспечивают хорошую защиту от радиации, перепадов температур и пылевых бурь.

Увы, на Марсе нет магнитного поля: планета его утратила. Из-за этого Марс беззащитен против радиации (у нас солнечный ветер блокируется на подступах к планете). И по этой причине он когда-то растерял свою атмосферу. Если поблизости есть лавовая трубка, то можно организовать подземную колонию, которая не будет требовать много дополнительного кислорода или воды. Вот почему этот кратер настолько важен.

НА МАРСЕ МНОГО ВОДЫ И В ЖИДКОМ ВИДЕ

Оказалось, что не только кратер Королева будет важным источником воды. Ученые нашли на Марсе систему озер размером с Грузию.

В конце 2020 года ученые из Третьего университета Рима обнаружили на Марсе систему из четырех озер с жидкой водой, которые находятся под поверхностью планеты. Давайте разберемся, что означает это открытие.

В 2018 году эти же ученые сделали предположение о существовании озера под поверхностью Марса. В статье, опубликованной в журнале Nature, они объявили об открытии системы из четырех озер. К этому выводу исследователи пришли, изучив результаты, полученные с орбитальной станции Mars Express после радиозондирования поверхности планеты. Общая площадь озер — 75 тысяч кв. км. Это больше площади Грузии (69 тысяч кв. км) и чуть меньше Австрии (83 тысячи кв. км). Наличие целой системы озер — важный маркер для ученых. Это говорит о том, что озера могут образовываться довольно просто. Появление одного водоема может быть связано с каким-то сложным, уникальным набором условий. А система означает, что, говоря человеческим языком, процесс отлажен. А значит, и озер таких могло быть в истории Марса очень много.

Вода в этих озерах должна быть очень соленой. Иначе при текущем давлении и температурах она физически не смогла бы остаться в жидком виде. По структуре это рассолы с перхлоратом (соли хлорной кислоты). На Земле перхлораты очень токсичны для растений. Жизнь в таких марсианских озерах потенциально возможна, хотя и маловероятна. И, разумеется, может присутствовать только в самом примитивном виде.

Ранее на Марсе уже были реки и океаны. Куда же все исчезло и не разрушится ли вновь? Ведь при колонизации Марса важно не просто добыть воду, но и создать самовозобновляемую систему, как на Земле.

Воду в том или ином виде на Марсе уже открывали — это не сенсация. Ученые полагают, что раньше на Красной планете текли реки с «обычной» водой, как на Земле. Раньше здесь было намного теплее, а климат — гораздо дружелюбнее. Это сейчас на Марсе средняя температура -63 градуса (то есть как на пике холода в Антарктиде). Впрочем, даже в наши дни на экваторе самая жаркая зафиксированная температура -35 градусов. По одной из гипотез, океан и реки на Марсе могли исчезнуть из-за космической катастрофы.

Около 4 миллиардов лет назад Марс столкнулся с крупным космическим телом. Это был не просто метеорит, а объект уровня небольшой планеты. Вполне рядовая ситуация для раннего периода существования Солнечной системы: тогда планет было больше, их орбиты пересекались, и они часто врезались друг в друга.

Землю, как вы помните, такая участь тоже не миновала. Но у нас столкновение закончилось хорошо — появилась Луна. А вот Марс после удара потерял магнитное поле. А оно защищало планету от солнечного ветра и удерживало атмосферу. Потеряв защиту, Марс лишился и воды. Процесс круговорота воды в природе — когда в небе образуются облака и вода попадает назад в океаны — был нарушен. Все молекулы просто стало «сду-

вать» в космос. Сейчас атмосфера на Марсе разреженная, а давление (которое завязано на плотности и высоте атмосферного столба) в 150 раз меньше земного.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Как вы думаете, почему Марс — красного цвета? Ведь поверхность планеты, судя по снимкам, кажется бурой и золотистой.

С Земли Марс выглядит красным. Из-за этого в древние времена его ассоциировали с войной и агрессией.

Марс красный из-за толстого слоя пыли, состоящей из частиц оксида железа. Вся планета буквально заржавела.

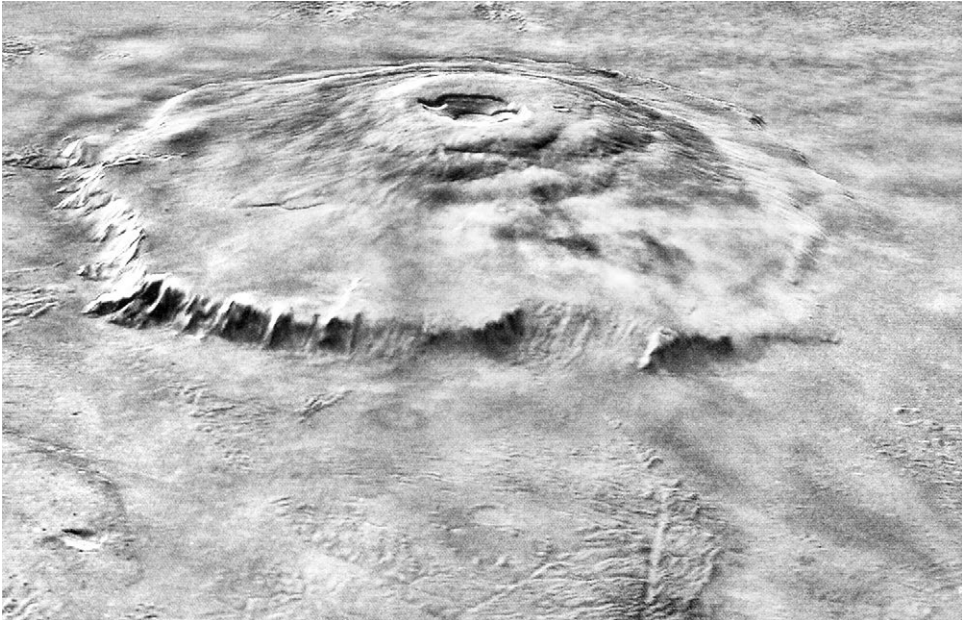
В первую очередь красным является тонкий верхний слой планеты. Его толщина — не более пары миллиметров.

Ученые полагают, что это связано с масштабным испарением воды с поверхности Марса. Когда-то здесь была вода в жидком виде. Под действием солнечного ветра вся вода превратилась в пар и начала рассеиваться. Началась фотодиссоциация — процесс распада молекул под действием фотонов.

Образовавшийся после распада кислород вступил в реакцию с частицами железа. Так и появилась пресловутая ржавчина. Несколько миллиардов лет назад Марс мог выглядеть с Земли совсем иначе — например, золотистым.

КАК СОЗДАТЬ КОМФОРТНЫЙ КЛИМАТ

Как сделать климат на Марсе комфортным для человека? С помощью атомных бомб, уверен Илон Маск. У него есть интересная идея, как сделать Марс более пригодным для жизни. Бом-



Панорама Олимпа с зонда «Марс Экспресс». Фото NASA

бардировка Марса ядерным оружием приведет к выбросу углекислого газа в атмосферу. Дело в том, что ледяные шапки на Марсе состоят не из водяного, а из сухого льда, то есть углекислотного. А уже под шапками лежит обычный классический лед. Если разбомбить сухой лед, то в атмосферу будет выброшен углекислый газ. Это создаст на Красной планете парниковый эффект и сделает Марс пригодным для жизни, считает изобретатель.

Что будет после этого? На Марсе появится обычная вода, потекут реки. И после этого туда можно будет заселить одноклеточные водоросли, которые начнут создавать необходимую экосистему. В целом, для создания базовой атмосферы с помощью водорослей может потребоваться всего несколько тысяч лет! Конечно, в первое время придется посидеть под прозрачными куполами, признает Маск. Первые люди вложат много сил и труда в создание экосистемы. Но в дальнейшем их старания обязательно окупятся.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

На фото справа — самая высокая гора в Солнечной системе. Это гора Олимп, находится она на Марсе. Пик возвышается над поверхностью планеты на 26 км! А ведь когда мы колонизируем Марс, обязательно найдутся смельчаки, которые захотят покорить и эту вершину.

Первые три строчки по абсолютной высоте гор в Солнечной системе принадлежат Марсу. Только на четвертом месте находится гора Южная Боосавла с Ио, спутника Юпитера. Ее высота — 17,5 км.

А вот Земля с Эверестом и его «скромными» 8,8 км в высоту над уровнем моря занимает только девятую строчку в списке самых высоких гор в Солнечной системе. Если же считать не над уровнем моря, а с океанского дна, то на первом месте на Земле — Мауна-Кеа с 10 км. Однако и это далеко от рекордных значений для Солнечной системы.

Ну, может, и к лучшему. Весьма сомнительны эти рекорды: как в реальности использовать эти безжизненные махины?

Луна тоже ненамного от нас отстает. Там рекордсмен — пик Гюйгенса — вытянулся на 4,7 км. Близко к нашему Эльбрусу с его 5,6 км.

НЕМНОГО ХОЛОДНОГО ДУША

Илон Маск выглядит довольно оптимистичным, когда говорит о Марсе. Он считает, что первую колонию можно основать уже в 2040 году. Но как решать проблему климата, атмосферы и защиты от радиации, не говоря уже о питании, пока непонятно. Также неясно, как планируется удержать на Марсе атмосферу после

серии взрывов. Когда-то на Красной планете уже была атмосфера — и вся она улетучилась в космос. Ледяные шапки, которые нужно растопить, чтобы извлечь пар, слишком малого объема. Этого не хватит даже близко, чтобы насытить атмосферу Марса.

Создать атмосферу — это половина дела. А вот как удержать ее, ученые пока не придумали. Впрочем, на то, чтобы потерять новую атмосферу, могут уйти миллионы лет. А если она будет самообновляемой, то может и закрепиться на Марсе. Так что, возможно, мы стоим на пороге новой эры. Классическая золотая середина! Первые цивилизации на Земле — шумеры — появились примерно 6 тысяч лет назад. Возможно, первые цивилизации на Марсе как раз появятся спустя 6 тысяч лет. Поэтому можно действовать по плану. И пока копится атмосфера, люди смогут придумать механизм, как ее защитить. И какие-нибудь наши пра-пра... внуки все-таки застанут благодатные времена колонизации планет и космических экспедиций, которые мы рисовали в нашем советском прошлом.

≡ ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ? ≡

Первая цветная фотография заката, сделанная марсоходом Curiosity в 2015 году, обнаружила удивительный момент: закаты на Марсе синие.

По мнению астрофизиков NASA, это связано с тем, что пыль в марсианской атмосфере насыщена мелкими частицами, которые блокируют цвета с более длинными волнами — такими как желтый, оранжевый и красный. А вот синий и фиолетовый пропускают. Аналогична причина оранжевых закатов на Земле, только со знаком минус. И Солнце у нас выглядит желтым из-за блокировки цветов с более короткими длинами волн. На самом деле свет от Солнца — белый.

ЖИЗНЬ НА МАРСЕ МОЖЕТ СУЩЕСТВОВАТЬ И СЕЙЧАС

Почему астробиологи надеются найти жизнь на Марсе? Есть четыре причины.

На Марсе бурлили реки, моря и озера. Широкие русла рек пронизывают марсианский ландшафт и разветвляются в причудливые дельты. Некоторые русла – следствие вулканической активности, но есть и останки древних водоемов. «Судя по ландшафту и специфике впадин и русел рек, в марсианском ландшафте когда-то преобладали реки, озера и моря», – пишет геолог из Университета Брауна Джеймс Хед. Марсоходы находили на Марсе глину, молекулы которой образуются только при наличии воды. Значит, когда-то Марс был гораздо теплее и у него была плотная атмосфера.

На Марсе есть органика. Углерод – основа органической жизни. Без углерода невозможно собирать ДНК и формировать стенки клеток. В 1984 году ученые обнаружили в Антарктике марсианский метеорит, насыщенный углеродом. Уже в XXI веке марсоход обнаружил на планете и другие органические соединения, по структуре близкие к керогену. Такие, например, находят на Земле в нефтяных сланцах.

На Марсе также есть метан. Этого газа немало и на Земле, и основной его производитель – микробы. И, не исключают эксперты NASA, метан на Марсе вполне может иметь органическое происхождение. Он может высвобождаться из-под поверхности, а произвели его живые организмы – древние или существующие.

Глобальное потепление и ледниковый период на Марсе. Погода на Марсе – как в Антарктиде: средняя температура –62 градуса. Это на 77 градусов ниже средней температуры на Земле. Но сотни тысяч лет назад на Марсе было намного теплее. Сотни тысяч – совсем небольшой период времени по космическим меркам.

Климат на Марсе со временем меняется. И точно так же, как на Земле, климатические колебания Марса происходят из-за изменений в его орбите. Временная шкала марсианских климатических циклов даже похожа на земную: примерно каждые 100 тысяч лет чередуются периоды похолодания и потепления.

Отличие Марса от Земли только в том, что здесь смена климата проходит чуть более резко, так как его ось наклоняется немного сильнее и эксцентриситет (степень отклонения орбиты от круга) больше земного. Всего 100 тысяч лет назад, то есть во времена, когда первые люди обрели современный вид, на Марсе вполне могла существовать жизнь в какой-нибудь примитивной ее форме.

ПОДЗЕМНАЯ ЖИЗНЬ

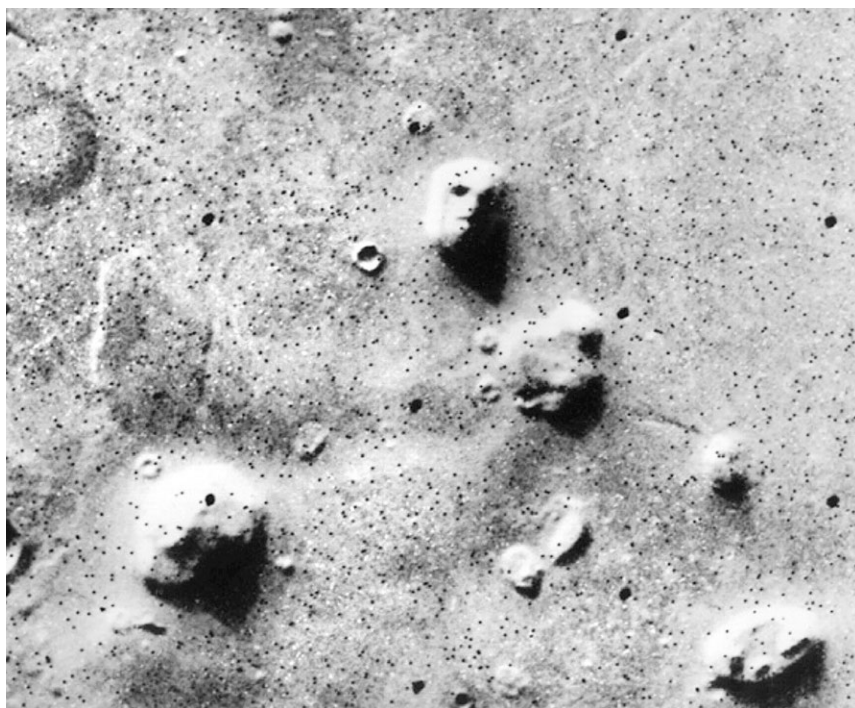
Астробиологи полагают, что сейчас под поверхностью планеты тоже может существовать жизнь. Дело в том, что на глубине довольно тепло за счет нагрева от ядра. А значит, там могут быть жидкая вода и бактериальная форма жизни. Поэтому ученые не теряют надежды. Если на поверхности Марса следов жизни не найдено, то дальнейшие исследования должны быть связаны с изучением подземного мира планеты.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Что стало со знаменитым «лицом» на Марсе?

Помните странное фото лица с Марса, которое активно обсуждали в 80-е и 90-е? Я решил выяснить, как развивалась эта история.

В 1976 году станция Viking сфотографировала на Марсе интересный объект, который по форме очень напоминал человеческое лицо. Эта фотография NASA облетела весь мир.



«Лицо»: фотография, сделанная станцией «Викинг-1» в 1976 году.
Фото NASA

Возникла масса теорий о том, откуда взялось это «лицо». Особо упертые любители покопаться в таинственном нашли на фотографии «пирамиды».

Это сейчас кажется забавным, но я помню книги и научно-популярные журналы 90-х, где всерьез обсуждались версии о рукотворном происхождении этого «лица» и о том, что это могли быть остатки построек древних цивилизаций.

В начале XXI века загадка раскрылась. Этот северный ландшафт Марса называется Кидония. Вид «лица» получился из-за игры света и тени. А низкое разрешение камеры Viking-1 только усилило эффект. Пирамиды вокруг оказались обычными скалами.

Вот как Кидония выглядит сейчас:



Фотография «лица», сделанная в 2001 году со станции «*Mars Global Surveyor*». Фото NASA / JPL / Malin Space Science Systems

Ученые полагают, что северная часть Кидонии когда-то могла быть океаном. А вот эта гора с фотографии — скалистым побережьем.

Несмотря на то что никаких следов цивилизации здесь не было найдено, «лицо Сфинкса» и «пирамиды» сыграли важную роль. Они привлекли внимание к Марсу. Фотографии вселили в людей энтузиазм, и человечество значительно продвинулось в изучении Красной планеты. Ведь мы прекрасно понимаем, что будущее человечества — в освоении космоса. Без этого в далеком будущем нам как виду не выжить.

ОРБИТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ. САМЫЙ ДЕШЕВЫЙ СПОСОБ КОЛОНИЗАЦИИ КОСМОСА

С колонизацией планет и спутников в Солнечной системе пока вопрос открыт. Теоретические проекты есть, но реализация их на практике потребует массу ресурсов. Тем временем есть любопытная идея, как ответить, по крайней мере, на одну угрозу из тех, что мы обозначили в начале этой главы, — катастрофы, как природные, так и техногенные. Орбитальная станция — прекрасный способ. Опыт у нас уже есть — МКС.

Идея проста. Во время техногенной катастрофы или падения астероида счастливики смогут переждать это событие на орбитальной станции. Спустя время, пока последствия улягутся (для крупного астероида это, например, около двух лет), люди смогут вернуться на Землю и восстановить человеческий род. В теории звучит заманчиво. Давайте посмотрим, насколько это реализуемо на практике.

Сейчас во многих мировых вузах есть программы, посвященные разработке будущего жилья на орбите. В Университете Хьюстона можно окончить магистратуру по специальности «космическая архитектура». А в Американском институте авиации и астронавтики есть собственный Технический комитет по вопросам космической архитектуры. В теории есть четыре проекта по созданию крупных орбитальных коммерческих станций. В обоих случаях это будут гостиницы, которые готовы принимать богатых посетителей.

У космического туризма кроме реализации самой гостиницы есть ряд других ограничений. Космический туризм гораздо опаснее обычного. С современными технологиями у вас есть шанс умереть каждый раз, когда вы выходите на орбиту. Этот шанс составляет 1%.

1% риска приемлем для военных или для профессиональных космонавтов, но не для мирных жителей. Вряд ли люди спокойно летали бы на самолетах, если бы знали, что при взлете 1 из 100 случаев может закончиться летальным исходом. Ракетные технологии просто недостаточно безопасны для случайного использования в гражданских целях — даже после 100 лет их разработки.

Genesis

Это проект «надувного» космического жилья. Специфика модулей Genesis — изменяемые размеры. Его запускают в сложенном состоянии, для простоты транспортировки. В космосе же он резко раздувается, значительно увеличивая свои размеры. На орбиту было отправлено два таких корабля, в 2006 и в 2007 годах, и в 2016-м — на МКС. На базе подобных модулей планируется создавать мини-города или гостиницы. И принимать частных посетителей с Земли.

«Коммерческая космическая станция Bigelow» — так называется проект, который разрабатывается на базе надувных модулей Genesis. Разрабатывает его частная компания Bigelow Aerospace. Объем коммерческой станции будет существенно больше, чем у МКС.

В 2020 году компания приостановила все свои проекты. Об их дальнейшей судьбе пока ничего не известно.

Voyager

Одним из интересных проектов среди орбитальных станций стала космическая гостиница Voyager, построить которую планируют к 2030 году.

В январе 2021 года компания Orbital Assembly Corporation заявила о строительстве орбитальной станции с искусственной гравитацией Voyager. Это будет коммерческая станция, принимающая туристов. Старт строительства назначен на 2025 год, а в 2030 году уже планируется принять первых гостей.

Орбитальная станция будет сделана в форме кольца с диаметром 200 метров и шириной 20 метров. Это будет гигантское колесо с 24 модулями, передвигаться между которыми можно на лифтах. Здесь будет искусственная гравитация, созданная за счет вращения с определенной угловой скоростью. Сила притяжения здесь планируется как на Луне — в шесть раз меньше земной. Только вот, увы, попрыгать, как на поверхности Луны, не получится — размеры невелики.

Тут будут работать рестораны, кинотеатр, тренажерный зал, спа. Комнаты рассчитаны в общей сложности на 400 человек. Возможна ли космическая орбитальная станция такого масштаба уже в столь недалеком будущем?

Многие не обращают внимания на самый важный факт: такая система будет запускаться там, где абсолютно ничего не существует. Как заложить все необходимое для функционирования отеля там, где нет вообще ничего?

Факторы, без которых подобные проекты не запустятся:

Нужна надежная, а главное — недорогая система запуска экипажа и груза. Это вопрос времени, и его, вероятнее всего, решат к 2025 году.

Среда обитания строителей гостиниц. Это не типичные строители, которые смогут вернуться домой или в вагончики. Им нужно работать неподалеку. Значит, для них нужна инфраструктура, множество специальных модулей. Не стоит забывать, что это строители, а не опытные летчики и космонавты. Им придется специально учиться и осваивать множество новых вещей.

Дорогой персонал. Если в обычных отелях персонал можно поселить в дешевое жилье, то здесь будут продвинутые номера со всей инфраструктурой. Ведь отель становится их домом на несколько месяцев. Важный факт — обучение персонала. Придется перестраивать все процессы для работы в космосе.

Но этот вопрос не самый сложный, его вполне можно решить с помощью денег. А туда полетят все-таки настоящие богачи, которые позволят окупить такую инфраструктуру.

Вопрос доставки могут решить Falcon и Falcon Heavy. Первый везет 22 тонны, второй — 64 тонны. Для обслуживания 6000 пассажиров в год требуется 1000 полетов комбинации Falcon/Dragon с 6 пассажирами в каждом и одним командиром. При таких параметрах реализация выглядит на грани фантастики.

Транспортировка 1 кг груза с помощью Falcon стоит 2000 долларов. Если ему на смену придет Starship, то стоимость снизится до 200–300 долларов.

Проблему поддержки инфраструктуры решить не так сложно. Большинство персонала должны заменить роботы, которые и будут выполнять максимум бытовой работы. Для особых богатых клиентов можно будет даже собирать роботов по индивидуальной конструкции.

Orbital Reef

Это проект бизнесмена Джеффа Безоса. Модули станции изготовит Boeing, а жилой модуль и космический корабль — Sierra Space. Станцию запустят на орбиту высотой 500 км — чуть выше средней у МКС. Предусмотрено одновременное размещение 10 человек. Стержневой модуль станции — это цилиндр с окнами. А с боков к нему будут пристыкованы небольшие модули.

Коммерческая космическая станция

Российский проект. Планируется, что это будет космический отель с четырьмя каютами. В нем могло бы разместиться максимум семь человек. В отличие от МКС, каюты и уровень обслуживания — на уровне полноценной гостиницы.

В свободное от туристов время станцию планировалось использовать для научной деятельности. Орбита станции — побли-

зости от МКС, чтобы при случае иметь возможность с ней взаимодействовать.

Кровати в номерах были как вертикальные, так и горизонтальные. Также в каютах планировался полноценный душ, в отличие от МКС. Стоимость недели проживания в таком отеле, включая все расходы на транспортировку, — 50 миллионов рублей.

Проект финансировали частные инвесторы, имена которых не разглашались. Также к проекту планировалось привлечь Роскосмос, РКК «Энергия» и другие крупные российские госкомпании.

Перспективы запуска орбитальных станций частными компаниями пока остаются весьма сомнительными. Готовые проекты есть, и рано или поздно к их созданию должны подключиться и государства. Но задачу спасти человечество в случае катастрофы они не выполнят. 10 человек (столько в среднем планируется заселить в гостиницу) — слишком мало, чтобы восстановить популяцию человечества в случае, например, падения астероида.

По оценкам антропологов и биологов, для восстановления человеческой популяции лучше как минимум 2000 человек. Ведь очень важно разнообразие генома, чтобы избежать близкородственных связей и ген не вырождался. К тому же разнообразие генома поможет лучше справиться с болезнями.

Увы, проекта орбитальной станции на 2000 человек пока нет даже в теории. Однако любые эксперименты по проектированию орбитальных станций очень важны. Это ценный опыт, который поможет при создании более крупных проектов.

СПУТНИКИ ГАЗОВЫХ ГИГАНТОВ

Как ни странно, но условия на спутниках Юпитера и Сатурна могут быть лучше для жизни, чем у планет земной группы.

Однако далеко не все они подходят для колонизации. Потенциально интересным объектом выглядит Европа — спутник

Юпитера. У нее есть железное ядро, а это, как мы помним, важное условие для экранирования космического излучения. И планета покрыта льдом. Возможно, под этим льдом бурлит океан жидкой воды. Ученые не исключают, что в недрах Европы, в океане, может быть даже микроскопическая жизнь. На Европе есть своя разреженная атмосфера, которая состоит из кислорода. Выглядит как идеальный вариант!

Но, увы, ни Европа, ни другие спутники Юпитера в ближайшей перспективе для колонизации не годятся. У Юпитера очень мощный радиационный пояс, который возникает из-за блокировки космических лучей. Юпитер за счет мощного магнитного поля блокирует радиацию. И она опоясывает планету, что губительно для всего живого. Человек в обычном скафандре на поверхности Европы быстро сгорит от радиации. Когда человечество изобретет тонкие материалы, способные блокировать радиацию, к идее колонизации Европы можно вернуться.

Потенциально освоение спутников Юпитера можно начать с Каллисто и Ганимеда. Тут не настолько идеальна ситуация с водой, зато и радиация поменьше.

С Сатурном ситуация интереснее. Самым перспективным объектом для колонизации здесь является Титан.

Титан — крупнейший спутник Сатурна. Он давно привлекает внимание астрономов как возможный плацдарм для будущей экспансии. Гравитация на Титане низкая. Это еще один плюс для полетов, помимо плотной атмосферы. Титан в полтора раза больше Луны и чуть больше Меркурия. Но сила тяжести здесь составляет примерно 15% от земной. 70-килограммовый человек здесь весил бы всего 10 кг. На Титане много воды — правда, в виде льда. Однако на глубине теоретически возможна жизнь, ведь там гораздо теплее и комфортнее, чем на поверхности. С обогревом проблем не будет, ведь здесь огромные запасы природного газа! Его тут больше, чем на Земле. Если, по оценке экс-

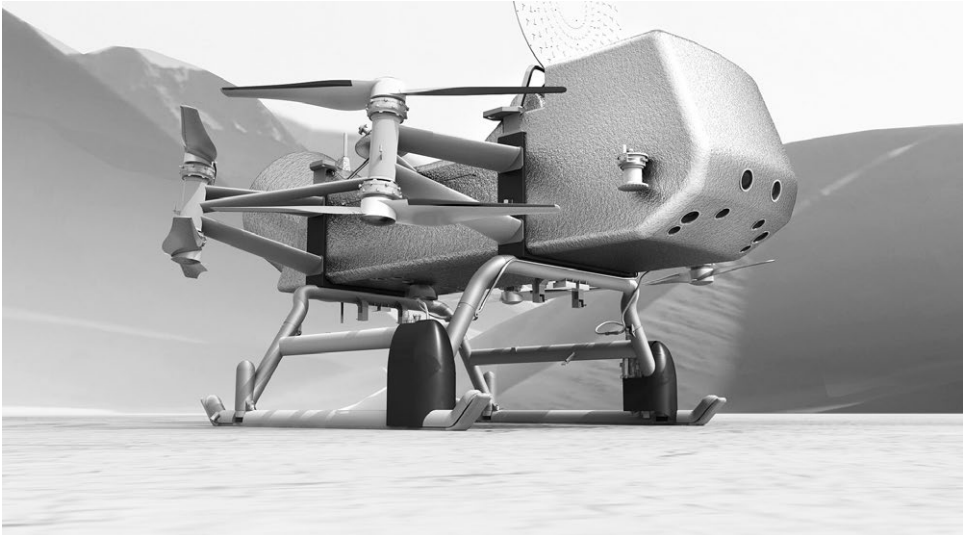
пертов ВР, мировых запасов природного газа на Земле должно хватить примерно на 50 лет, то на Титане такой запас находится в одном из метаново-этановых озер. А всего таких крупных озер около десятка. Здесь есть и своя «газовая река». Астрономы прозвали ее «Титановый Нил». Река из жидких метана и этана растянулась на 400 километров.

На Титане человек может летать: силы его рук будет достаточно, чтобы поднять его в воздух. Для полета достаточно смастерить простые крылья. Дело в том, что на Титане довольно плотная атмосфера, насыщенная азотом. Человек смог бы, размахивая крыльями, плыть по ней, как по озеру. Эта плотная атмосфера также неплохо защищает от космического излучения. Холодный климат допускает использование техники и энергетических механизмов, основанных на эффекте сверхпроводимости. Потери энергии будут практически нулевыми, и можно будет использовать летательные аппараты.

И еще одна интересная особенность Титана: здесь гипотетически не обязательно носить скафандр. «Скафандр на Титане не нужен! Достаточно специального респиратора», — уверена планетолог Аманда Хендрикс. Атмосфера для человека непригодна, но не токсична для тела, как, скажем, на Венере. А плотная атмосфера не пускает опасные космические лучи, как на Марсе или Луне. Именно поэтому скафандр — как физическая защита — не нужен.

На Титане, конечно, холоднее, чем на Марсе. Но в будущем люди научатся поддерживать температурный режим в любых условиях. А на первых порах будет достаточно просто очень теплой одежды, уверена Аманда Хендрикс. Оптимистично звучит! Ведь температура на поверхности Титана достигает -170 градусов. Но если рядом газовый котел, то почему бы и нет?

Так что Титан вполне может стать вероятным претендентом на колонизацию. Однако сперва, до создания обитаемой колонии, на Титан планируется отправить команду роботов, чтобы создали все необходимое для будущих колонистов.



Проект космического аппарата Dragonfly. Иллюстрация NASA APL

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Dragonfly (в переводе с англ.—«стрекоза») — проект космического аппарата NASA, предназначенного для исследования спутника Сатурна — Титана. Это винтокрылый летательный аппарат массой 450 килограммов.

В 2027 году NASA планирует запустить этот аппарат. Одна из ключевых целей «Стрекозы» на Титане — изучить озера углеводородов, которые здесь в изобилии. Это наталкивает астробиологов на мысль, что на Титане возможна жизнь в примитивной форме.

Космический аппарат займется поисками потенциальной микробной жизни. Также в его задачи входят анализ и оценка поверхности планеты с точки зрения потенциальной колонизации.

ОСВОЕНИЕ АСТЕРОИДОВ

Конечно, жить на астероиде вряд ли возможно. Но одну важную задачу астероиды выполнить могут.

А именно — закрыть потребность во многих ресурсах. Ведь в них часто содержатся тяжелые элементы и драгоценные металлы, включая золото и платину. По сути, бóльшую часть золота на нашу планету и занесли астероиды.

Представьте, в 2020 году по всему миру было добыто 2,2 миллиарда тонн железной руды. При этом один небольшой астероид диаметром в 1 километр может содержать до 2 миллиардов тонн железо-никелевой руды.

Освоить астероиды намного проще, и, возможно, это будет главная цель по ресурсодобыче на ближайшие десятилетия. Если поставить процесс на поток, то можно закрыть проблему нехватки ресурсов.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

В космосе металл слипается.

Если в космосе сложить вместе два куска одного и того же металла, они соединятся. Этот процесс называется холодной сваркой. Холодная сварка происходит из-за кристаллической структуры металлов. Атомы на поверхности металлов не «чувствуют» разницы — где их металл, а где соседа. И образуют с ними аналогичные связи. На Земле этому мешает кислород, который находится практически во всех уголках нашей планеты. Окисление препятствует слипанию. Космонавты, которые привозят инструменты с Земли, не опасаются слипания, ведь у каждого инструмента сохраняется оксидный слой. Любой дополнительный слой, будь то газ или грязь, препятствует слипанию.

ГЛАВА 28

ЭКЗОПЛАНЕТЫ

В ближайшее десятилетие нас точно будут ждать открытия других планет вне нашей Солнечной системы. Их планируют активно изучать, особое внимание уделяя тем, на которых есть комфортные условия для жизни.

Экзопланеты — это планеты других звездных систем. Исследование экзопланет за последние годы сильно продвинулось вперед. Для их поиска активно привлекают даже нейросети, которые помогают анализировать гигабайты информации, полученной с телескопов. Сейчас известно около 5000 экзопланет. И существуют еще около 2500 спорных кандидатов.

В основном речь идет о крупных планетах — газовых гигантах типа Юпитера и Сатурна. Скорее всего, не потому, что их очень много в нашей галактике, просто их не так трудно обнаружить, как небольшие планеты. Среди этих планет есть те, которые пригодны для жизни. Всего в относительной близости от Солнечной системы ученым известно как минимум 12 экзопланет, которые потенциально могут представлять ин-

интерес для человека. Эти планеты находятся в «зоне жизни» — на них гипотетически может быть вода в жидком виде.

Давайте пройдемся по пяти наиболее вероятным кандидатам, которые в теории могут быть колонизированы.

ПРОКСИМА ЦЕНТАВРА В

В 2016 году была открыта планета Проксима b, которую неофициально называли «близняшкой» нашей Земли.

Прохладная планета со средней температурой -39°C . С другой стороны — просто обычная суровая российская зима. Зато минусовая температура полностью компенсируется другими плюсами.

Планета находится очень близко — всего в 4,2 световых годах от нас. Она на 10% больше Земли — вполне терпимая гравитация.

Родная звезда у планеты — красный карлик. И несмотря на то, что Проксима Центавра b в 20 раз ближе к своей звезде, чем наша Земля — к Солнцу, здесь так холодно. Планета получает от своей звезды около 65% света, который Земля получает от Солнца.

Теоретически здесь вполне могла бы быть жизнь. Но если такое и было, то в 2017 году все живое было уничтожено. Родная звезда планеты Проксима b устроила катастрофу. На ней произошла мощная вспышка. По яркости эта вспышка превосходила в 1000 раз обычный свет звезды Проксимы Центавра. На планете уровень радиации был в 4000 раз больше максимума, при котором живые организмы могут выстоять перед лучами.

Сила вспышки была такой, что вся вода на Проксиме b в секунду превратилась в пар. Выжить при такой вспышке можно, только если спрятаться глубоко под землей. У некоторых видов бактерий был небольшой шанс на спасение.

Изучить планету стоит. Но с помощью роботов. И вряд ли есть смысл создавать здесь колонию, потому что катастрофическая вспышка в любой момент может повториться.

Проксима Центавра b — не единственный кандидат в этой звездной системе. И исследователи хотят детально изучить нашего ближайшего соседа.

Ученые из Сиднейского университета и Лаборатории реактивного движения NASA запустили проект «Толиман».

С помощью специального телескопа они будут собирать данные и изучать нашего ближайшего соседа — Альфу Центавра.

«Наш ближайший сосед, Альфа Центавра, — тройная звезда с двумя звездами, очень похожими на наше Солнце. С помощью новейших приборов мы будем изучать ближайшие планеты. Проводить анализ атмосферы, химического состава поверхности и, возможно, даже признаков биосферы», — заявил руководитель проекта профессор Питер Тутхилл из Сиднейского института астрономии.

Он уверен, что в системе могут быть несколько планет, которые похожи на Землю, но пока не обнаружены.

РОСС 128 В

Этот кандидат уже гораздо более привлекателен.

Росс 128 b — экзопланета в системе звезды Росс 128, которая расположена в созвездии Девы. Расстояние от нас до этой звезды — примерно 11 световых лет.

Родительская звезда, как у и предыдущей экзопланеты, — красный карлик. Это весьма распространенный тип звезд в нашей галактике.

Звезда чуть старше Солнца, а вот по массе в пять раз уступает нашему светилу.

Планета потенциально подходит для жизни. Один минус: ее масса почти в полтора раза больше земной. Терпимо, но для земной жизни лучше, если сила притяжения чуть ниже или такая же, как на нашей планете.

Находится Росс 128 b чуточку ближе к родной звезде, чем предыдущая экзопланета. Полный оборот планета совершает всего за 10 дней. Соответственно, столько же здесь длится год.

Температура на этой экзопланете, по предварительным оценкам, может колебаться от 0 до 21 °С.

Открыли экзопланету в 2017 году. Сделала это группа ученых, проанализировав данные из обсерватории La Silla в Чили. В статье, опубликованной в научном журнале *Astronomy and Astrophysics*, авторы пишут: «Росс 128 b, пожалуй, самая умеренная планета, известная на данный момент». Так как ее масса и температура на поверхности должны быть довольно близки к земным.

ГЛИЗЕ 581 С

И снова планета, которая вращается вокруг красного карлика. Ее родная звезда расположена на расстоянии 20 световых лет от Солнца в созвездии Весов.

Светимость родной звезды достигает чуть более 1% от светимости Солнца. Звезда старая — ей уже около 10 миллиардов лет.

В отличие от Проксимы Центавра, эта звезда довольно массивная и не склонная к внезапным вспышкам, так опасным для всего живого.

Планета находится в 14 раз ближе к своей звезде, чем Земля к Солнцу. Год здесь длится 13 дней. Планета довольно массивная: сила тяжести здесь примерно в 1,6 раза больше земной.

С одной стороны, планета находится в «зоне жизни» и выглядит потенциально пригодной для человека. С другой — изучить ее с помощью спектрального анализа трудно, и ученым приходится моделировать ситуацию на этой планете исходя из ее физических параметров.

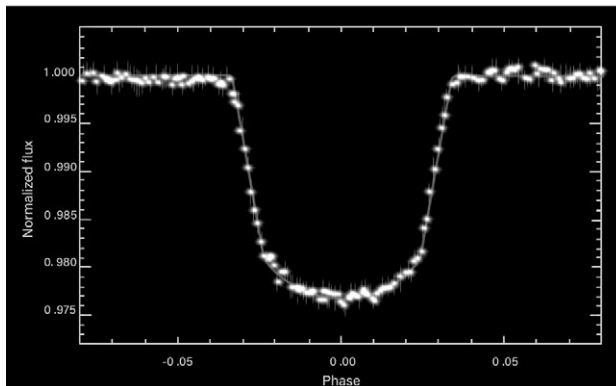
Средняя температура на планете зависит от того, какая на ней атмосфера. А это ученым пока узнать не удалось. Если атмосфера

близка к земной, то климат здесь очень комфортный: средняя температура составляет 17°C . Однако если атмосфера здесь плотная, как на Венере, то температура может превышать 100°C .

Главный риск – планета расположена слишком близко к своей звезде. А значит, из-за действия приливных сил она может быть повернута к своей звезде одной стороной. И это делает климат крайне неудобным для жизни. Примерно как на Луне: на одной стороне слишком жарко, на другой – слишком холодно.

ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Знаете, как на самом деле выглядят с Земли все экзопланеты? Вот так:



Это изображение – падение в светимости звезды, когда ее планета проходит между нами и своей звездой, перекрывая ее. Так мы понимаем, что там далеко есть планета, какая она примерно по размеру, и другие ее физические параметры.

Большинство изображений экзопланет, которые вы когда-либо видели, вымышлены. Их рисуют художники на основе данных, предоставленных астрофизиками.

ГЛИЗЕ 667 С С

На данный момент ученые полагают эту экзопланету наиболее комфортной для жизни из ближайших к Солнцу звезд. В созвездии Скорпиона есть система тройных звезд. К одной из них и принадлежит эта планета. Находится она на расстоянии 23 световых лет от Солнца.

Система тройных звезд Глизе 667 включает в себя двух оранжевых и одного красного карлика. И интересующая нас экзопланета вращается вокруг красного карлика. Средняя температура здесь, по оценкам ученых, составляет 27 °С. Рай, да и только! Планета всем хороша, кроме одного (всегда есть это что-то «одно»!): ее масса как минимум в 3,8 раза превосходит земную.

На этой планете вполне может существовать жизнь, считают ученые. Скорее всего, в примитивном виде. Но если там есть разумная жизнь — возможно, она ищет способы, как оттуда выбраться. Ведь улететь с массивной планеты с высокой гравитацией очень трудно. Требуются очень мощные двигатели и много топлива.

HD 85512 В

HD 85512 b вращается вокруг оранжевого карлика. Так называют звезды, которые находятся между желтыми карликами, как наше Солнце, и прохладными красными карликами.

Сила тяжести тут в 1,4 раза выше, чем на нашей планете. А вот вероятность существования воды в жидком виде максимальна.

Однако если тут есть атмосфера земного типа, то температура на этой экзопланете достигает 78 °С. Жарковато, но терпимо. Это вам не Венера! Это хорошие, но не лучшие для жизни планеты из тех, которые мы знаем. Но большинство из них находится гораздо дальше от Солнца. И их потенциальная колонизация может затянуться на тысячелетия.

ПЛАНЕТА-ОКЕАН

Про далекие планеты можно рассуждать долго — их гораздо сложнее описать и обнаружить. Поэтому хочу остановиться только на одном типе планет, которых, похоже, не так уж мало в нашей галактике.

Ученые обычно ищут жизнь на планетах земного типа. Вполне логичный подход: раз на Земле жизнь возникла — значит, планеты типа нашей точно могут быть потенциальными носителями других живых существ.

Однако не землей единой может быть богата жизнь во Вселенной! Группа астрономов из Кембриджа провела моделирование и выяснила, что есть еще миры, которые имеют максимальную вероятность для появления жизни. О своем открытии ученые рассказали в статье, опубликованной в 918-м томе «Астрофизического журнала».

Они выделили отдельный класс экзопланет — планеты Нусепан. Это крупные планеты-океаны, которые как минимум в 2,5 раза больше Земли. Они покрыты водой, их атмосфера богата водородом. А главное — таких планет намного больше, чем экзопланет земного типа.

К сожалению (или к счастью для нас?), на большинстве планет жизнь невозможна ни в каком виде. Неорганическая материя слабо подходит для появления жизни: ей не хватает разнообразия соединений, чтобы образовывать ДНК. А органическая жизнь возможна лишь в крайне узком диапазоне температур. Важно, чтобы химический состав коры и атмосферы, а также гравитация тоже были в определенных значениях.

Поэтому планеты с токсичной атмосферой, типа Венеры или вулканического типа (не говоря уже о газовых гигантах), к появлению жизни совершенно не приспособлены.

Однако надеяться на развитые разумные жизни на экзопланетах все же не стоит. Высокая гравитация накладывает свои

ограничения. В частности, такой жизни будет трудно перейти в космическую эру, так как гораздо сложнее сконструировать корабль, который достигнет первой космической скорости.

А вот жизнь, состоящая из микроорганизмов, здесь вполне возможна. Причем практически при любой температуре — как в страшной жаре, так и в суровом холоде. Потому что здесь просто рай для экстремофилов — бактерий, которые живут и на Земле, в самых суровых ее уголках.

Одной из потенциально обжитых планет ученые считают K2-18b. Находится она на расстоянии 124 световых лет от Солнечной системы. K2-18b вращается вокруг красного карлика. Она покрыта жидкой водой — бесконечным океаном, — и ее атмосфера пропитана водяным паром как минимум на 20%.

Один минус у этой планеты — низкая плотность. Планеты такого класса называются мини-нептунами. Это промежуточное звено между газовыми гигантами типа Нептуна и планетами земного типа.

ГЛАВА 29

ВНЕЗЕМНАЯ ЖИЗНЬ

Почему ученые так мечтают найти жизнь на других планетах, пусть и в самом простейшем виде? Потому что это значительно углубит наши представления о Вселенной, о том, как возникает и развивается жизнь в нашем мире.

ВОЗМОЖНА ЛИ ЖИЗНЬ ИЗ КРЕМНИЯ В НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ?

Нам сложно представить, что есть другие формы жизни кроме водно-углеродных. А если они все-таки есть, то какие они? Давайте выясним, что говорит об этом альтернативная биохимия.

Когда я изучаю статьи и исследования астрофизиков и астробиологов о поиске внеземной жизни, мне всегда неприятно бросается в глаза одно слово — «вода»!

Это главный критерий поиска жизни сейчас. Если на планете возможна вода в жидком состоянии, значит, возможна и жизнь — вот главный тезис ученых!

Эта мысль, на мой взгляд, идет от ограниченности нашей картины мира. Логично считать, что если однажды жизнь зародилась из углеродных молекул в воде, то и в других местах так же.

Но ведь могут быть самые причудливые формы жизни, далекие и от воды, и от органики. С точки зрения эволюции они даже более логичны: во Вселенной у них будет гораздо больше пригодных для обитания мест, чем у человека.

Изучением возможных форм жизни занимается целое направление — так называемая альтернативная биохимия. Самый популярный у ученых вариант на замену углерода — кремний.

Кремниевые организмы

Интересно, а есть ли здесь среди читателей олдскульные компьютерщики? Наверняка вспомните эпическую стратегию Master of Orion 2, в которой фигурируют кремниевые пришельцы — раса Силикоидов. Могут жить где угодно, хоть на огненной токсичной планете. Но совершенно некоммуникабельны. Им проще развязать войну, чем вести дипломатию, заключать выгодные сделки и альянсы.

Эта форма жизни часто фигурирует в научной фантастике, и неспроста. Кремний похож на углерод. Он способен создавать структуры, которые очень похожи на углеводороды, необходимые для органической жизни.

Кремниевые кристаллы используются в создании современных процессоров для компьютера. К тому же кремний — очень распространенный материал, а значит, вероятность экспериментов с ним со стороны природы гораздо выше.

Это были бы организмы, которые куда устойчивее к внешней среде, чем мы. Они не зависят от воды, и жара свыше 100 градусов, когда вода вскипает, им не страшна. Серная кислота, которой много в атмосферах других планет, только укрепит кремниевые организмы. С питанием тоже проблем не будет: им не нужны сельское хозяйство и супермаркеты — добывать пищу

можно даже из токсичной атмосферы. Да и нужно ее совсем немного. Нарастить кристаллы кремния можно относительно просто во многих средах.

Метаболизм у кремниевых существ был бы очень медленным, а это, как показывает опыт на Земле, заметно удлиняет жизнь. То есть прожить миллионы лет такому, простите за каламбур, «кристально чистому человеку» проблем бы не составило.

Эволюция же любит тех, кто адаптирован под свою среду, разве нет? А такая среда — в порядке вещей на большинстве планет в нашей Вселенной.

А как же ДНК и белки? В общем, про кремний пока все звучит очень убедительно, кроме одного. Органические молекулы могут образовывать разные и сложные структуры. Поэтому мы и видим такое разнообразие органической жизни на Земле. А эта сложность важна, чтобы сложить ДНК или сложные белки. При этом органика постоянно развивается, образуя новые структуры.

Как пишет ученый Джим Стамелл в своей книге «Судебная химия», сейчас науке известно более 8 миллионов органических соединений. И всего 100 тысяч неорганических. Поэтому неорганическим соединениям сложно дать разнообразие, необходимое для возникновения жизни.

Чтобы биологическая машинка работала как часы, важно решить и проблему отходов. При окислении мы легко выводим углекислый газ из организма. А у кремниевых существ при окислении образуется песок. Вывести его гораздо сложнее.

Что ж, аргументы Стамелла можно понять. С другой стороны, у таких организмов было бы гораздо больше возможностей проверить себя в деле. И выбрать тот самый, устойчивый для жизни вариант.

Так возможна ли жизнь из кремния? Единого мнения у ученых нет, исследования ведутся. Я вполне допускаю та-

кую вероятность — с учетом масштаба, законов эволюции и огромного числа попыток. Однако биологи в целом относятся скептически к тому, что кремниевые формы жизни распространены во Вселенной.

ПОЧЕМУ ОРГАНИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ — САМАЯ ВЕРОЯТНАЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Земная экосистема поддерживается в циклическом режиме: одна жизнь является пищей для другой. А затем все это снова возвращается в цикл. Это помогает поддерживать существование жизни.

Таким образом, если есть один тип жизни, то остальные участники экосистемы вписываются последовательно за ним. Тогда эта экосистема может процветать.

У жизни есть два основных требования: способность к воспроизводству и химические вещества, необходимые для проведения реакций.

Органика подходит для того, чтобы создать широкий спектр соединений. Здесь нужны сильные связи с разными элементами — тогда множество самых разных молекул будут оставаться стабильными.

Важно, чтобы можно было их по-разному перегруппировать. Потому что надо попробовать разные варианты, чтобы в ходе эволюции выработался самый дееспособный.

Углерод обеспечивает такую основу. Он легко устанавливает связи с другим углеродом, азотом, кислородом и водородом. Люди не знают других элементов, обладающих подобными свойствами.

Ученые моделировали самые разные формы, которые отвечают главным критериям жизни. Кроме органической, теоретически возможны кибернетические формы. Но это с учетом, что

строила и развивала их органическая цивилизация на высоком уровне технического развития.

Могут существовать разные формы жизни, но только углерод и – гипотетически – кремний могут дать жизнь в сложных ее формах.

МЕТАНОВАЯ ФОРМА ЖИЗНИ

Жизнь, основанная на метане, могла бы употреблять водород, ацетилен и этан. На выходе выдыхался бы метан вместо углекислого газа.

В теории это возможный вариант. Однако крайне маловероятно появление сложных форм жизни. В лучшем случае – простейшие одноклеточные.

На замену углероду также рассматриваются бор и фосфор. Но они проигрывают. Бор проигрывает по образованию сложных связей. Фосфор слишком активен и требователен к ресурсам. Углерод в любом случае будет более энергоэффективен. Да и в космосе он распространен больше. Поэтому углеродные формы жизни пока, по мнению современной науки, остаются наиболее вероятными.

Итак, если руководствоваться современными научными знаниями, то наиболее вероятная жизнь – все-таки органическая. Потому что у нее гораздо больше вариантов для биоразнообразия.

Значит, углерод и наша органика – наиболее вероятные кандидаты на сложные формы жизни. Следовательно, внеземные формы жизни стоит искать на планетах, похожих на Землю.

Давайте посмотрим, как может меняться углеродная жизнь в зависимости от различных физических условий, которые есть на тех или иных планетах.

КАКОЙ МОЖЕТ БЫТЬ ЖИЗНЬ НА ПЛАНЕТАХ С НИЗКОЙ ГРАВИТАЦИЕЙ

Знакомый врач мне недавно сказал: «Человек будто создан для жизни в других условиях. Если бы гравитация была ниже, мы были бы здоровее. Не было бы проблем с суставами. Снизилась бы нагрузка на сердце и другие жизненно важные системы».

С одной стороны, он прав: от низкой гравитации наше тело бы только обрадовалось. А с другой... неспроста оно устроено именно так. И в условиях с низкой гравитацией человек эволюционировал бы совсем иначе. Да и условия были бы куда менее комфортными.

Каковы ключевые особенности, которые ждут потенциальную жизнь на планетах с низкой гравитацией?

Планеты с низкой гравитацией (в разы ниже земной) по размерам будут уступать нашей планете. Скорее всего, незначительно, потому что наша Земля — довольно плотная по меркам космоса планета. В основном из-за крупного железного ядра. Планета-океан может обладать низкой гравитацией, а по размерам быть практически такой же.

Особенности для жизни на планетах с низкой гравитацией:

Теряют атмосферу. Планеты с низкой гравитацией крайне уязвимы. Их гравитации может не хватить на то, чтобы удерживать атмосферу.

Звездный ветер — поток ионизированных частиц от ближайшей звезды — будет сдувать атмосферу. По этой причине, например, атмосферы нет на Меркурии и Луне.

Атмосфера может регулярно обновляться, а после — снова исчезать при вспышках на звезде. Подобное, например, происходит с Марсом, который раньше обладал атмосферой, но ее сдул солнечный ветер. Поэтому все сценарии колонизации

Марса предусматривают механизмы регулярного восстановления атмосферы.

На такой планете все равно возможна жизнь, если планета будет находиться дальше от своего Солнца, чем наша Земля. Тогда звездный ветер не так страшен. Но будет холоднее — в лучшем случае как в нашей Антарктиде. Поэтому формы жизни здесь должны быть готовы переносить суровые холода.

Электромагнитный экран. Такие планеты быстрее теряют внутреннее тепло. Поэтому им сложнее поддерживать жидкое ядро. А именно оно генерирует магнитное поле, которое защищает от враждебного космического излучения.

Высокие горы

Здесь вам не равнина, здесь климат иной.

Идут лавины одна за одной,

И здесь за камнепадом ревет камнепад...

Владимир Высоцкий, «Вершина»

Песня Высоцкого идеально описывает жизнь на такой планете.

На планетах с низкой гравитацией горы будут пропорционально выше. Здесь будут сильнее перепады между самой высокой и самой глубокой точками.

Яркий пример — потухший вулкан Олимп на Марсе. Это самая высокая гора в Солнечной системе — 26 километров в высоту от основания.

И все-таки жизнь на планетах с низкой гравитацией возможна! Причем даже в сложных формах.

Недостатки, о которых я написал выше, могут быть нивелированы, если небольшая планета является спутником газового гиганта. Его магнитное поле будет защищать от радиации и своего спутника.

Идеальная ситуация — когда магнитное поле есть и у спутника, и у его главной планеты.

К примеру, у спутника Сатурна Титана ситуация именно такая. И Титан потенциально пригоден для жизни, хотя его масса почти в 45 (!) раз меньше земной, а гравитация ниже в 7 раз. От радиации Титан защищен, атмосфера сохранилась. Более того, атмосфера здесь настолько плотная, что человек мог бы там летать, если бы соорудил крылья. А главное — на Титане возможна вода в жидком виде, которая образует океан. Правда, как и у любой холодной планеты (а температура на поверхности Титана $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$), эта вода находится на глубине, под поверхностью.

Поэтому спутники, на поверхности которых бурлит океан, могут быть пригодны для жизни. Хотя высока вероятность, что она будет простой и одноклеточной.

Как может развиваться жизнь на планете с низкой гравитацией земного типа?

Если планета будет похожа на Землю, только с чуть меньшей гравитацией — например, лишь на 20–30% ниже земной, — жизнь здесь может быть вполне комфортной. Потенциально такие экзопланеты, расположенные в других звездных системах, могут подойти для колонизации.

Вероятность появления сложных форм жизни здесь довольно велика — если для этого будет подходящая температура, чтобы вода была в жидком состоянии.

На таких планетах выросли бы гигантские деревья. Они играли бы огромную роль в экосистеме планеты, гораздо большую, чем на Земле. Ведь гигантские деревья становились бы домом для множества организмов, как на Пандоре в фильме «Аватар».

Деревья выступали бы целыми городами для животных, обеспечивая их и пищей, и укрытием. При этом симбиоз был бы здесь в ходу больше, чем паразитизм. Иначе такая экосистема с деревьями-гигантами просто оказалась бы неустойчивой с эволюционной точки зрения.

Живые организмы на такой планете будут длиннее – потому что передвигаться здесь проще.

Такую гипотезу высказал Константин Циолковский, анализируя планеты Солнечной системы. К примеру, по его расчетам получалось, что если бы на Марсе была жизнь (гравитация Марса на 62% ниже земной), то организмы тут были бы в три раза крупнее.

Срок жизни живых организмов здесь теоретически может быть дольше. Потому что на Земле крупные животные в среднем живут дольше мелких.

Если атмосфера будет плотнее земной (а таких планет много), то летающих организмов будет намного больше. В том числе и гигантских. Им проще будет прыгнуть высоко вверх и планировать (примерно так на земле в доисторические времена летали гигантские птерозавры).

Гипотетически некоторые организмы смогли бы приспособиться здесь жить без ног. Например, шарообразные животные, передвигающиеся в стиле перекаати-поля.

Каким бы был человек, если бы гравитация Земли была ниже

Скорее всего, мы бы не смогли извлечь максимальную выгоду из такой ситуации. Ведь эволюционировали бы мы в условиях низкой гравитации миллионы лет. А природа очень не любит тратить лишние ресурсы там, где можно обойтись минимальными энергозатратами.

Поэтому кости у нас были бы тоньше, а сердце – меньше и слабее. Оно не было бы готово к нагрузке с высокой гравитацией. Мышцы тоже стали бы не так сильно нужны. И «качок» на такой планете выглядел бы как современный «ботаник», а остальные – еще слабее. Потому что нужны бы были гораздо меньшие усилия, чтобы привести конечности в движение.

Скорее всего, человек эволюционировал бы так, что стал бы похож на стереотипного инопланетянина, какими их любят изображать в кино и комиксах.

Риск диабета также бы вырос: он мог бы наступить всего лишь от пары чашек сладкого чая в сутки. Потому что мышечная масса все-таки защищает наш организм от инсулинорезистентности.

Подводя итог, мы можем констатировать: если не получится найти планеты, очень похожие на Землю, то следующая ближайшая цель — планеты с низкой гравитацией.

КАКОЙ МОЖЕТ БЫТЬ ЖИЗНЬ НА ПЛАНЕТАХ С ВЫСОКОЙ ГРАВИТАЦИЕЙ

Для нас земная гравитация представляет массу неудобств.

Нагрузка на суставы, сердце и другие органы — все это завязано на силе притяжения нашей планеты. А если бы гравитация была еще выше? Человеку точно было бы некомфортно: мы не приспособлены к жизни в таких условиях.

Какой в принципе может быть жизнь на планетах с высокой гравитацией? Как бы она адаптировалась к этим трудным условиям?

Мы будем рассматривать формы жизни на планетах, где гравитация выше земной, но не более чем в два раза. Такие планеты потенциально могут представлять интерес для колонизации. Планеты с гравитацией, которая превышает земную в разы, для жизни в человеческом понимании не подойдут.

Таких планет очень много. Для сравнения, ускорение свободного падения для Юпитера — планеты, которая в 317,8 раза по массе превосходит Землю, — всего в 2,5 раза выше земного.

Много ли в нашей галактике планет с высокой гравитацией?

Да, это довольно распространенное явление. Всего ученым известно около 5000 экзопланет. И большинство из них — крупные объекты с массой гораздо большей, чем у Земли.

С другой стороны, у ученых пока нет ответа на вопрос, правда ли крупных планет больше или просто мы их находим, потому что планеты-гиганты проще обнаружить.

В любом случае, в Солнечной системе кроме Земли есть четыре планеты крупнее и три — помельче. А значит, планеты с высокой гравитацией — скорее норма для нашей галактики.

Большие или маленькие животные

В кинематографе и компьютерных играх часто фигурируют разумные расы, которые появились на планетах с высокой гравитацией. Все они выглядят крупными монстрами с крепким, плотным телом.

Есть две гипотезы о том, насколько крупными будут местные формы жизни. И основаны эти гипотезы на моделировании плотности атмосферы. У большинства гигантских планет атмосфера будет плотнее земной. В таких условиях, скорее всего, будут процветать крупные формы жизни.

Если же концентрация газа невелика, то здесь вероятнее формы жизни, напоминающие небольших пауков.

Важная особенность мира с высокой гравитацией: последствия от падения здесь гораздо серьезнее. Поэтому нужны крепкие мышцы — не только чтобы передвигаться, но и чтобы быть максимально устойчивым. И желательно много ног, как у фантастических элкров из вселенной Mass Effect.

Вполне вероятно, что тут вообще не будет двуногих существ, а вот обладатели шести и более конечностей вполне возможны. Это нужно, чтобы походка была стабильной, а центр тяжести расположен ближе к поверхности.

Мощные органы

У планет с высокой гравитацией атмосфера, как правило, плотнее. Поэтому и легкие должны быть мощнее, чтобы вдыхать и обрабатывать плотный воздух.

Нагрузка на сердце тут также выше: нужно перекачивать кровь вопреки большой силе тяжести.

Гигантские насекомые

Важное ограничение по размеру насекомых — концентрация кислорода. Это связано со спецификой их дыхания. У насекомых принципиально другая сердечно-сосудистая система. Их гемолимфа находится в полости и не разносится по сосудам. Кислород в ткани у насекомых переносит развитая система трахей. И скорость попадания кислорода из воздуха в гемолимфу зависит от концентрации кислорода в воздухе. Чем кислорода больше, тем этот процесс эффективнее.

Кстати, на нашей планете уже существовали гигантские насекомые, например стрекозы. И гигантские многоножки артроплевры, которые выросли в длину до двух с половиной метров. В доисторические времена кислорода было больше, и это снимало ограничения на размер.

Такие животные, как гигантские артроплевры, на экзопланетах весьма вероятны. Ведь они «стелются» по земле, у них много ног — идеальная конструкция тела в условиях высокой гравитации.

Быть «плоским» в условиях высокой гравитации может быть выгодно, ведь ты перераспределяешь давление по всему телу.

Впрочем, на такой планете не только насекомые смогут достигать больших габаритов. Все животные в среднем могут быть крупнее за счет все той же концентрации кислорода.

Деревья в шляпах

Деревьям здесь не получится вертикально вырастать до гигантских размеров. Но ведь им нужно как-то получать энергию местной звезды для фотосинтеза? Да и в целом богатая флора нужна, чтобы насытить всю травоядную часть фауны.

Один из возможных вариантов решения проблемы – деревья со шляпками, подобными грибным. Это своеобразные солнечные батареи, которые смогут собирать максимум энергии звезды, не вырастая при этом до огромных размеров.

Боязнь высоты

В ходе эволюции у большинства животных здесь должна развиться боязнь высоты. Ведь падение может стать фатальным. Добавим к этому факт, что габариты у большинства местной фауны будут в целом выше земных.

Рефлексы также, скорее всего, будут выше, чем у земных животных. Все это связано с опасностью падений.

Могут ли появиться на такой планете летающие животные?

В массовом масштабе – точно нет. Может помочь, опять же, плотная атмосфера. В ней летающие животные смогут плавать, как киты в воде. Поэтому теоретически здесь возможны летающие гиганты. А атмосфера будет достаточно плотной, чтобы держать их вес, как вода держит кита.

Богатая водная фауна и никакого серфинга

Цена выхода из воды для местной фауны будет весьма высокой. И у них будет меньше мотивации осваивать сушу. Зачем выходить из воды, если она эффективно поддерживает большой вес?

Зато серфингистов в эти края точно не заманишь. Разве что начинающих. Дело в том, что волны в местных океанах будут маленькими.

Вулканы – редкие, но разрушительные

Чтобы вулкан начал выбрасывать лаву, здесь потребуется куда большее давление. И это будет приводить к тому, что вулкан долго будет копить в себе силы перед извержением.

Извержение вулканов будет на такой планете крайне редким явлением. Но куда более разрушительным. Одновременная работа нескольких вулканов будет приводить к катастрофам, сравнимым с падением астероида, убившего динозавров.

Цивилизации могут быть заперты на своих планетах

Если здесь есть разумная жизнь, ей гораздо сложнее покинуть пределы своей планеты.

Астрофизик из обсерватории Зоннеберга Майкл Гиппке смоделировал ситуацию, какие ресурсы нужны инопланетянам, чтобы преодолеть гравитацию своей планеты.

«Высокая гравитация делает космические перелеты с таких миров намного более сложными, поскольку необходимая топливная масса в данном случае будет расти по экспоненте», — считает Гиппке.

Для достижения второй космической скорости потребуются гигантские ресурсы и очень большие ракеты, в разы превышающие те, что мы строим на Земле.

Чтобы цивилизации вылететь с планеты с высокой гравитацией, ей нужно быть на более высокой стадии развития, чем люди. В частности, эффективно было бы освоить альтернативные источники энергии.

ЖИЗНЬ ВОЗМОЖНА И БЕЗ ЗВЕЗДЫ. ПЛАНЕТЫ-ИЗГОИ

В космосе бывают планеты-изгои. Что это за объекты?

Изгоями называют те планеты, которые не вращаются вокруг звезды. Когда-то они были обычными планетами, как Земля или Сатурн, но по разным причинам были выброшены за пределы своей звездной системы. Сами по себе они образовываться не могут. Им обязательно в начале существования нужна звезда.

Наиболее распространенная причина выбрасывания — приближение другой звезды. Гравитация второй звезды нарушает орбиту планеты. Такое бывает и в системах двойных звезд.

В Солнечной системе был еще один газовый гигант

У астрофизиков есть так называемая гипотеза о пятом газовом гиганте. В Солнечной системе была еще одна крупная планета, которая вылетела с орбиты на заре своего существования.

Американский астрофизик Дэвид Несворны моделировал процесс появления планет в Солнечной системе и выяснил, что Юпитер — когда он только появился — располагался гораздо дальше от Солнца. А приблизился к светилу, потому что были вытеснены более мелкие планеты.

Согласно гипотезе, в Солнечной системе был еще один — кроме Юпитера, Сатурна, Нептуна и Урана — газовый гигант. Он был выброшен с орбиты и улетел за пределы Солнечной системы, став планетой-изгоем. У него даже могли быть собственные спутники, вместе с которыми он сейчас путешествует по просторам космоса.

Произошло это примерно 4 миллиарда лет назад. Земля тогда уже существовала, хотя и была совсем молодой.

На планетах-изгоях возможна жизнь

Любопытно, но на планетах-изгоях может быть жизнь! Такую гипотетическую модель предложил астрофизик Дэвид Стивенсон из Калифорнийского технологического института. Как это возможно в отсутствие тепла и света звезды?

Дело в том, что, если планета крупная, может хватить внутреннего тепла из ее недр. А толстая водородная атмосфера создаст парниковый эффект и не будет выпускать тепло за пределы планеты.

На такой планете достаточно тепла, чтобы была вода в жидком виде. Вряд ли здесь возможны сложные формы жизни, но одноклеточные и даже простые многоклеточные — вполне!

Какие планеты-изгои удалось обнаружить ученым

Поскольку они не вращаются вокруг звезды и не излучают свет, планеты-изгои очень трудно найти. Обычно замечают такие планеты по гравитационному смещению. И речь, как правило, идет о крупных объектах типа Юпитера или Сатурна. Но в 2020 году ученые обнаружили планету-изгой, которая по размерам идентична нашей Земле.

Куда летят планеты-изгои

Планеты-изгои, хоть и лишены своей звезды, все равно не стоят на месте, а находятся в движении. Просто вращаются они вокруг центра галактики.

Вероятность их столкновения с другими планетами или возможность интегрироваться в другую звездную систему практически равна нулю. Слишком уж велики космические расстояния — много пустоты.

Может ли планета-изгой присоединиться к нашей Солнечной системе?

Мы обнаружили множество планет-изгоев, но галактика огромна, а расстояние между звездами составляет триллионы километров.

Вероятность захвата планеты-изгоя другой звездной системой невелика, хотя и отлична от нуля.

Если бы планета-изгой попала в нашу Солнечную систему, она бы начала притягиваться к Солнцу. Но так как планета-изгой находится в поступательном движении, она пролетела бы на скорости и не упала на нашу звезду, а вылетела бы на высокоэллиптическую орбиту. Такое происходит с залетными кометами. Потом их выбрасывает из Солнечной системы.

Наиболее вероятный сценарий: своенравная планета-изгой сперва пролетит мимо, затем будет захвачена на длинную орбиту, а потом снова вылетит в космос.

Чтобы у планеты-изгоя возникла стабильная орбита, как у других планет, потребуются миллионы лет и особые обстоятельства. Должно совпасть расположение газовых гигантов, таких как Юпитер, Сатурн, Нептун и Уран, которые затормозят эту планету своим гравитационным воздействием. Но такой сценарий крайне маловероятен.

УЧЕНЫЕ ПРЕДУПРЕЖДАЮТ: ЗНАКОМСТВО С НОВОЙ ЖИЗНЬЮ МОЖЕТ БЫТЬ ОПАСНЫМ

Если в России пока внеземные цивилизации остаются в основном в рамках научной фантастики, в США они уже давно являются предметом исследований. На базе научных институтов создаются факультеты SETI (аббревиатура от Search for Extraterrestrial Intelligence – поиск внеземных цивилизаций).

Что ж, на самом деле это логично. Ведь преимущество в будущем получит тот, кто более подготовлен к потенциальному контакту.

Исследования ведутся теоретические. Ученые моделируют различные ситуации, которые могут произойти при встрече с инопланетными формами жизни.

Про разумных и агрессивных инопланетян уже снято немало фантастических фильмов. Но не факт, что такая высокоразвитая жизнь существует. Весьма вероятно, с учетом сложных условий на разных планетах, что первая жизнь, которую мы встретим, может быть не самой развитой.

К примеру, несколько миллиардов лет на Земле жили только одноклеточные организмы. И только 1,7 миллиарда лет назад стали появляться первые многоклеточные.

Разумной же форме жизни с развитым интеллектом всего чуть более 200 тысяч лет.

Так что встреча с неразумной жизнью, более того — в ее простейшем виде, по теории вероятности гораздо выше. И здесь могут быть свои подводные камни.

Профессор биологии вторжения (есть и такая специальность!) из Университета Макгилла в Монреале Энтони Риккарди в статье, опубликованной в научном журнале BioScience, выразил опасение, что инопланетные организмы могут попасть на наш космический корабль и заразить жизнь на Земле.

На Западе сейчас резкий всплеск интереса к исследованиям космоса. Но если бесконтрольно изучать космос, есть два больших риска. Они нас ждут в случае, если мы встретим внеземную жизнь:

1. Мы можем случайно уничтожить ее. В свое время, когда европейцы колонизировали Америку, большинство индейцев погибли из-за заболеваний, которые принесли с собой жители Европы. У европейцев был иммунитет, а вот индейцы гибли от эпидемии оспы и других болезней.
2. Инопланетная жизнь может представлять угрозу для нашей планеты. Особенно если случайно попадет на Землю в космическом аппарате.

«Поиск жизни за пределами нашего мира — захватывающее занятие, которое может привести к огромному открытию в недалеком будущем, — сказал Live Science в электронном письме ведущий автор Энтони Риккарди, профессор биологии вторжения из Университета Макгилла в Монреале. — Однако перед лицом увеличения количества космических миссий (включая те, которые предназначены для возврата образцов на Землю), крайне важно снизить риски биологического заражения в обоих направлениях».

Конечно, проникнуть сквозь космическое пространство и достигнуть Земли — задача для внеземной жизни невыполнимая. Крайне маловероятно, что внеземные организмы выживут, прилетев на внешней стороне космического корабля.

Однако на нашей планете мы уже бездумно натворили массу ошибок, отмечает ученый. Например, гриб *Austropucciniopsis* из Южной Америки был завезен в Австралию при неизвестных обстоятельствах. Гриб атаковал местные эвкалиптовые деревья. Он задерживает их рост, а иногда и просто уничтожает. Естественным путем этот гриб никогда бы не попал в Австралию.

Как говорится в исследовании, островные экосистемы, которые развиваются в географической изоляции — например, на островах и в таких странах, как Австралия, — особенно уязвимы для инвазивных видов. Местная флора и фауна в ходе эволюции не выработала механизм адаптации для борьбы с такими «захватчиками».

Исследователи предлагают расширить протоколы биобезопасности, связанные с космическими путешествиями. Внимание должно быть сосредоточено на диагностике, чтобы как можно раньше обнаружить потенциальные организмы. И чтобы у людей был четкий и быстрый план, как реагировать в таких ситуациях.

Эти вопросы изучались еще в 60-е. Были карантинные планы — как для программы «Аполлон», так и для советской программы доставки грунта с Марса. В СССР дезинфицировали зонды, которые отправлялись на Венеру. В США — «Викинги», которые отправлялись на Марс. Старались ненароком не занести жизнь на эти планеты, чтобы не допустить бесконтрольного развития. Потом все это было забыто, и сейчас эти меры не применяются.

Завершить главу про внеземную жизнь хочется интересным парадоксом.

ПОЧЕМУ ЛЮДИ ПОКА НЕ НАШЛИ ИНОПЛАНЕТЯН? ЧТО ГОВОРЯТ УЧЕННЫЕ

Однажды ночью, 70 лет назад, физик Энрико Ферми взглянул в небо и спросил: «А где все?»

Он говорил об инопланетянах.

Так гениально и просто был сформулирован парадокс Ферми. Наутро известный физик за кофе обсудил эту гипотезу с тремя своими коллегами.

Звезд во Вселенной очень много. Мы непрерывно мониторим ночное небо. Но так и не нашли признаки развитой жизни.

«Может ли человечество быть единственной технологически развитой цивилизацией во Вселенной?» — задал резонный вопрос Энрико Ферми.

Первое объяснение, которое сразу пришло в голову ученым: Земля — это уникальная планета. Так совпало, что других идеальных для жизни планет просто нет во Вселенной.

На тот момент у человечества еще не было эффективных способов наблюдения за космосом. Но с тех пор изобрели новые типы телескопов. Нейросети помогают ученым обрабатывать огромные массивы данных.

Сейчас мы прекрасно знаем, что планет, похожих на Землю, не так мало.

Сегодня ученые знают, что в одной только нашей галактике потенциально есть миллионы, а возможно, и миллиарды планет, на которых может существовать жизнь.

≡ ИНТЕРЕСНЫЙ ФАКТ

Ученые нашли 24 планеты, условия на которых могут быть лучше, чем на Земле. Эти планеты называли сверхобитаемыми.

Большинство планет в нашей галактике для жизни не годятся. Либо слишком токсичные, либо температура сверхвысокая или сверхнизкая. Либо гравитация настолько велика, что, как на Юпитере, углерод может превратиться в алмазы прямо в атмосфере. Не хотите алмазный дождь каждый день, когда мозг в принципе не может возникнуть, так как с неба на голову камни сыплются?

Но в 2020 году астрономы из берлинского Центра астрономии и астрофизики обнаружили 24 экзопланеты, где условия для жизни лучше, чем на нашей Земле. Статья об открытии опубликована в журнале *Astrobiology*.

Все эти планеты назвали потенциально сверхобитаемыми. То есть условия там приемлемы для бурного развития жизни. И жизнь может достичь самых сложных форм.

В чем плюсы этих планет? Они крупнее, а значит, тут больше площадь «полезной» поверхности, где можно занять свои экологические ниши.

У них более влажный и теплый климат. Это очень важно для биоразнообразия. К примеру, тропические леса занимают всего 6% поверхности нашей планеты, но в них проживает 50% всех видов животных! А огромные массивы вечной мерзлоты и ледников в принципе преграждают путь для развития флоры и фауны. Идеальная температура для развития жизни, по мнению ученых, — на 5 градусов теплее, чем на Земле (и эти люди пугают нас глобальным потеплением?).

И планета крупнее не означает большую, чем на Земле, гравитацию. Земля — довольно плотная планета, и из-за этого ее масса велика относительно размера.

Все эти планеты оказались чуть старше Земли: в диапазоне 5–8 миллиардов лет. Такой диапазон оптимален, считают ученые. Планета к этому моменту уже «решила» все вопросы по формированию коры. При этом она еще недостаточно старая — а значит, пока внутри достаточно геотермального тепла и есть сильное защитное магнитное поле.

«Мы почему-то уверены, что Земля — лучшая планета для жизни. Да, у нас много очень сложных и разных форм жизни. Некоторые даже умеют выживать в экстремальных условиях. Но это вовсе не означает, что условия на нашей планете — самые лучшие», — пишет автор исследования, немецкий астрофизик Дирк Шульце-Макух.

Сверхобитаемым планетам еще и повезло со светилом: они вращаются вокруг стабильных звезд. Звездный ветер, вспышки и другие неприятные для биосферы явления там имеют гораздо меньший размах.

Условия жизни на них, весьма вероятно, комфортнее земных. Чтобы подтвердить это, необходим более детальный анализ. К сожалению, все эти 24 планеты оказались довольно далеко от нас — на расстоянии 100 световых лет и более. Пока задача ученых — собрать максимум данных по этим планетам с помощью наблюдений.

Тривиальные гипотезы в стиле «Никаких внеземных цивилизаций нет», «Земля — уникальная и единственная» отбросим. Во-первых, это не стыкуется с теорией вероятности, поэтому, скорее всего, и жизнь есть, и Земля не уникальна. Во-вторых, тривиальные гипотезы не способствуют развитию мысли. А нам важно развивать воображение, пробовать предсказать различные вероятные сценарии. По таким принципам развивалась теоретическая физика, которая смогла предсказать множество явлений и частиц. Так мыслили и древние греки, которые смогли с помощью воображения и интеллекта так точно описать наш мир, что их знаниями люди пользовались еще полторы тысячи лет.

Поэтому рассмотрим основные гипотезы разрешения парадокса Ферми, которые в разное время высказывали ученые.

Гипотеза зоопарка

Впервые эту гипотезу высказал Константин Циолковский в 1930-е годы.

«На чем основано отрицание разумных планетных существ во Вселенной? Нам говорят: если бы они были, то посетили

бы Землю. Мой ответ: может быть, и посетят, но не настало еще для того время».

Окончательно в гипотезу мысль Циолковского оформил американский астроном Джон Болл в 1973 году.

Внеземные цивилизации знают о нашем существовании, но не спешат открываться. А их технологии уже достаточно развиты, чтобы не информировать нас о своем присутствии.

Представители внеземной жизни предпочитают не вмешиваться в жизнь на Земле и ограничиваются наблюдением за ее развитием, сродни наблюдениям людей за животными в зоопарке. А на контакт они выйдут с нами только тогда, когда люди достигнут определенного уровня развития. Пока мы, соответственно, находимся на весьма низкой стадии развития для подобного контакта.

Короткая и понятная гипотеза, оттого и одна из самых популярных.

Гипотеза зоопарка регулярно всплывает в кинематографе (например, как людей в итоге включили в список развитых рас в фильме «Автостопом по галактике»). Или в литературе — у братьев Стругацких в «Трудно быть богом» и в ряде других произведений люди фактически были самой развитой расой, которая старалась развить других. И тайно земляне внедрялись на населенные планеты и влияли на местную политику и историю.

Пришельцы могут прятаться в гигантских скрытых океанах

Инопланетная жизнь может быть заперта в сокрытых от любопытных глаз океанах. Во Вселенной много планет, где может быть вода в жидком виде. Только она похоронена глубоко внутри замороженной планеты.

Подземные океаны жидкой воды часто находят на спутниках планет Солнечной системы. Скорее всего, это обычное явление для нашей галактики.

Физик из NASA Алан Стерн уверен, что в таких водных мирах может процветать жизнь. Причем на первый взгляд эти планеты могут выглядеть негостеприимными. Например, у них может быть ядовитая атмосфера или слабое магнитное поле, которое пропускает космическую радиацию. Или их родная звезда может наносить огромный урон биосфере планеты своими вспышками. Но под слоем льда или земли жизнь вполне может существовать!

Какими бы разумными обитатели такой планеты ни были, вряд ли они выходят на поверхность. И могут вообще ничего не знать об атмосфере и космосе.

И мы никогда не сможем обнаружить их, посмотрев на их планету в телескоп.

Инопланетяне заключены в «космическую» тюрьму на планетах-гигантах

Среди экзопланет много так называемых суперземель. Это класс планет, масса которых превышает массу Земли, но значительно меньше массы газовых гигантов. Как правило, суперземля массивнее нашей Земли в 5–10 раз.

На ней вполне могут быть подходящие условия для существования воды в жидком виде.

Только вот покинуть такую планету очень трудно. Даже просто запустить искусственный спутник. К примеру, планета, масса которой в 10 раз превышает массу Земли, также будет иметь космическую скорость в 2,4 раза больше, чем у Земли. Преодолеть гравитацию планеты будет трудно, и запуск ракеты для ее обитателей – практически невозможная инициатива.

Не живые, а роботы

Человечество развивается гигантскими темпами. Всего чуть более века назад изобрели радио. Спустя 50 лет после радио, в 1945 году, построили первый компьютер. Работал он с помо-

щью перфоленты и киноплёнки. А сейчас у нас уже есть мобильные устройства, в миллионы раз более производительные.

Поэтому и искусственный интеллект может быть не за горами.

Возможно, подобная судьба уже постигла развитые цивилизации. И на других планетах живут роботизированные организмы. И у них нет таких строгих ограничений на токсичную атмосферу, температуру и жидкую воду.

Как считает футурист Сет Шостак, такие роботы могут облюбовать места с большим скоплением энергии. Например, ядра галактик. Возможно, мы их уже обнаружили. Но не осознали.

Под словом «инопланетянин» чаще всего представляют гуманоида. Но вероятность, что он будет наделен человекоподобными чертами, мягко говоря, стремится к нулю. Эволюция — цепь закономерных случайностей. И думать, что она на всех планетах будет приводить к появлению прямоходящих существ с руками, ногами и головой, довольно странно.

Наш мозг ограничен нашим опытом. Мы и представить не можем, насколько странные формы жизни могут существовать во Вселенной.

Внеземная жизнь не пережила технологическую катастрофу

Инопланетяне могли устроить глобальную катастрофу. Фатально изменить климат. Или устроить ядерную войну.

Профессор астрофизики в Рочестерском университете Адам Франк создал серию математических моделей, которая предсказывает развитие инопланетных цивилизаций, включая взлеты и падения.

В 75% сценариев инопланетное общество не дожило до этапа покорения космоса. Обычно наступал этап, когда общество рушилось, а большая часть населения гибла.

Поэтому высоки шансы, что они уничтожат себя, прежде чем мы когда-либо с ними встретимся.

Закат цивилизации по естественным причинам

Инопланетяне не могли развиваться достаточно быстро и погибли. Вселенная может изобиловать гостеприимными планетами, но нет никакой гарантии, что это продлится долго. Как мы разбирали в главе про Землю, наша планета дружелюбна к жизни менее половины своего срока. В остальное время здесь царил (и будет царить в дальнейшем) настоящий ад. Добавим к этому множество случайных малопрогнозируемых событий космического масштаба: метеориты, взрывы сверхновых неподалеку и т. п.

Жизнь развивается медленно: простой переход от одноклеточной к многоклеточной жизни занял полтора миллиарда лет! Поэтому у развитой цивилизации есть очень ограниченное временное окно. Максимум — несколько сотен миллионов лет, чтобы сдвинуть дело с мертвой точки.

Для человечества этот срок равен 500 миллионам лет. После этого жизнь на Земле станет невозможной из-за роста активности Солнца. И это без учета других внешних факторов вроде за-летной кометы.

Мы разлетаемся друг от друга

Вселенная расширяется. Как вы помните из главы про Вселенную, расширяется она с ускорением. За расширение отвечает так называемая темная энергия. Звезды из-за этого становятся более тусклыми.

И если у далеких цивилизаций нет технологий, как путешествовать на сверхсветовых скоростях (в обход известных нам законов физики), мы даже увидать друг друга не сможем.

Может быть, и есть какая-нибудь сильная развитая цивилизация в 10 миллиардах световых лет от нас. Но вероятность, что мы с ней столкнемся, практически нулевая.

Это касается не только внесемной жизни, но и в целом удаленных космических объектов.

Эта мысль пугает: чем медленнее мы исследуем Вселенную, тем меньше возможностей останется в будущем. Многие исследования могут быть потеряны для нас навсегда.

«Звезды становятся не только более тусклыми, так, что их трудно увидеть, но и со временем — совсем недоступными. Это означает, что у нас наступает серьезный крайний срок, чтобы найти и встретить инопланетян. И чтобы быть на шаг впереди темной энергии, нам придется расширить нашу цивилизацию до как можно большего числа галактик, прежде чем все они улетят прочь», — пишет в своем исследовании астрофизик из Национальной ускорительной лаборатории Ферми Дэн Хупер.

ГЛАВА 30

ДВЕ НАУЧНО- ФАНТАСТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ, КОТОРЫЕ МОГУТ ОКАЗАТЬСЯ ПРАВДОЙ

Многие фантасты предсказывали будущие открытия. Научная фантастика отличается от обычной тем, что в ее основе лежат научные теории и гипотезы. Просто фантасты раздвигают их рамки и расширяют границы их действия.

Герберт Уэллс предсказал появление атомной бомбы и лазеров. Карел Чапек придумал роботов (ему мы и обязаны появлением этого слова). Жюль Верн предсказал множество изобретений.

Попробуем и мы взглянуть в будущее на основе концепций, популярных в научной фантастике. Это гипотезы, построенные на игре математики. Но отталкиваются они от вполне реальных научных постулатов.

ЗВЕЗДОЛЕТ В ПУЗЫРЕ. КАК В ТЕОРИИ ВЫГЛЯДИТ РАБОЧАЯ МОДЕЛЬ ВАРП-ДВИГАТЕЛЯ, КОТОРЫЙ ПОЗВОЛИТ ЛЕТАТЬ БЫСТРЕЕ СКОРОСТИ СВЕТА

Мечта человечества — летать между звездами и колонизировать новые планеты. Как когда-то Колумб открыл Америку, так и мы, современные люди, хотим совершить открытие новых рубежей. Для начала хотя бы в нашей галактике.

Но наша активность сдерживается огромными сроками таких перелетов.

Например, космический аппарат «Вояджер-1» долетит до ближайшей звезды только через 74 тысячи лет. Срок совершенно неадекватный для любой колонизации.

Даже если мы создадим аппарат, который будет двигаться со скоростью света, проблема кардинально не решится. Свет от ближайшей к нам звездной системы Проксима Центавра летит 4,2 года.

Это уже разумный срок. Но где гарантия, что там есть планеты, пригодные для жизни? А экспансии в другие звездные системы займут десятки и сотни лет. И ведь кораблям где-то надо будет дозаправляться, добывать ресурсы для жизни и т.п. Даже если мы решим все эти вопросы, при достижении новых звезд будут сменяться поколения астронавтов.

Центр галактики вообще становится для нас недостижимым. Солнце находится на периферии нашей галактики, до центра же — 27 тысяч световых лет!

Поэтому ученые уже сейчас пытаются придумать механизмы, которые помогут ускорить межзвездные путешествия.

Одним из таких гипотетических объектов, которые могут быть в природе, являются червоточины. Но о червоточинах — чуть позже. А пока мы поговорим о гипотетическом механизме — варп-двигателе, который является частым гостем в научной фантастике.

РАБОЧАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВАРП-ДВИГАТЕЛЯ

Скорость света – максимальная скорость для взаимодействия объектов. А вот пространство способно расширяться быстрее скорости света. Это хорошо наблюдается в рамках инфляционной модели Вселенной. Поэтому, если манипулировать пространством вокруг космического корабля, можно превысить скорость света. Однако есть ограничение общей теории относительности. Объекты ненулевой массы двигаться быстрее скорости света не могут.

Модель варп-двигателя в 1994 году составил мексиканский физик-теоретик Мигель Алькубьерре. Принцип работы двигателя не противоречит общей теории относительности. Это означает, что его можно считать гипотетически возможным. В своей модели Алькубьерре поместил звездолет в пространственный пузырь.

Варп-двигатель должен искривлять пространство, раздувая его после корабля и сжимая перед ним. Сам корабль неподвижен, а вот пузырь с гигантской скоростью прошивает пространство. Само пространство может двигаться со скоростью куда большей, чем скорость света. Значит, и преодолевать гигантские расстояния такой корабль сможет быстрее.

Технически этот принцип можно реализовать так: варп-двигатель распределяет темную энергию. Избыток ее создается позади корабля, а нехватка – впереди. Темная энергия заставляет всю нашу Вселенную расширяться с ускорением, а уж с простым кораблем способна сотворить чудеса, если сделать этот процесс управляемым.

В NASA заинтересовались идеями физика. Команда под руководством инженера Гарольда Уайта заявила, что начнет работу в этом направлении, чтобы воплотить модель Алькубьерре на практике. Пока, по словам ученых, на базе пузыря Алькубьерре

могла бы работать модель звездолета массой с Юпитер. Создать подобный корабль невозможно, однако в будущем эти ограничения будут преодолены.

ГИПОТЕЗА О ТУННЕЛЕ ДЛЯ МЕЖЗВЕЗДНЫХ ПУТЕШЕСТВИЙ. ЧТО ГОВОРIT НАУКА О ЧЕРВОТОЧИНАХ В КОСМОСЕ

Червоточины — гипотетический объект в космосе, через который можно путешествовать не только в пространстве, но и во времени.

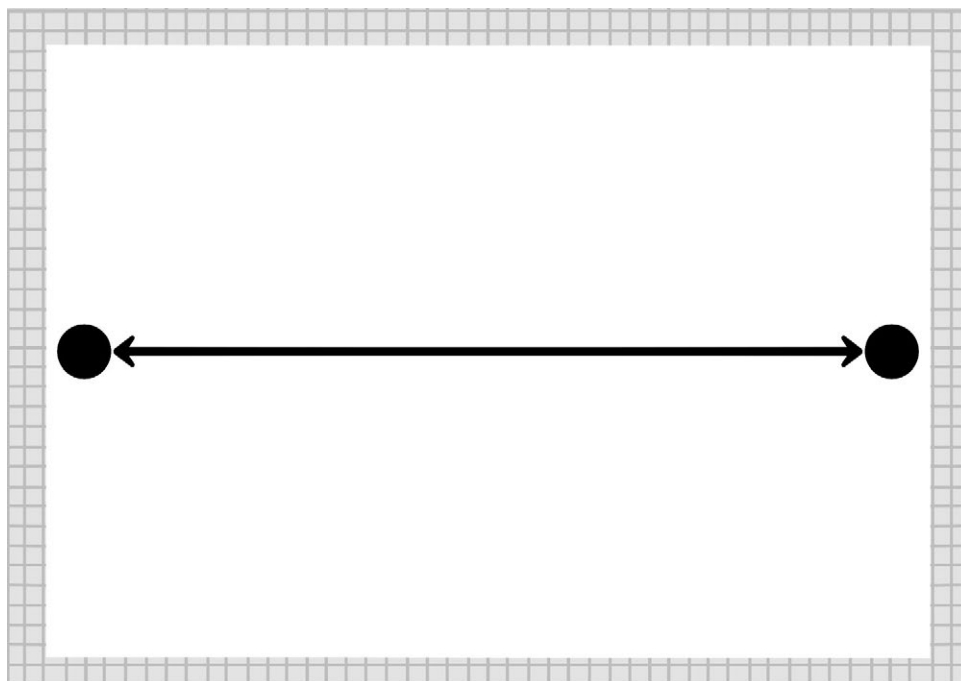
Идея червоточины на данный момент — это единственная надежда человечества на путешествия на очень большие расстояния за разумный срок.

КРОВОТЫЕ НОРЫ МОГУТ СОЕДИНЯТЬ ДАЛЕКИЕ ОБЪЕКТЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Мгновенные путешествия между двумя далекими объектами во Вселенной — возможно ли такое? Червоточины — это туннели сквозь пространство. Они фигурируют во множестве научно-фантастических фильмов и книг, ведь гипотетически через них можно совершать межзвездные путешествия. Широкую популярность за пределами научного сообщества червоточины получили после фильма «Звездный путь» (1979).

Задолго до кино это явление в физике было известно под названием «кротовая нора». Кротовые норы согласуются с общей теорией относительности. Путешествие через червоточину (или кротовую нору) возможно при определенных условиях, которые задаст гравитация.

Для наглядного объяснения, что такое червоточина, обычно используют такой пример. Берем лист и ставим на нем две точки на разных его краях. Вопрос: какая траектория будет кратчайшей?



Очевидно — прямая. Да! Но только если мы живем в так называемом евклидовом пространстве. В том самом, где параллельные прямые не пересекаются. Но пространство может меняться вблизи объектов с гигантской гравитацией. Поэтому более простым может быть другой путь — сложить лист пополам и две точки просто проткнуть карандашом. Это и будет та самая червоточина.

Автор названия, астрофизик Джон Уилер, приводил своим студентам пример с яблоком и муравьем. Если яблоко проедено червем насквозь, то путешествие муравья будет намного быстрее, чем обход по поверхности. Именно эта ана-

логия привела к появлению термина «червоточина». Точки с очень большой гравитацией, такие как массивные черные дыры, могут быть напрямую связаны друг с другом. Они как бы стягивают пространство-время. И перемещение становится мгновенным. Теоретически через них можно путешествовать и во времени. Для этого нужно, чтобы один из входов в червоточину двигался относительно другого с околосветовой скоростью.

Если построить машину, которая сможет разгонять этот вход, можно будет путешествовать во времени. Однако вернуться во времена, допустим, Ивана Грозного не получится. Максимум — в то время, когда была построена силовая установка.

Чтобы червоточины были стабильны, они должны состоять из так называемой экзотической материи. Это вещество, в основе которого лежат другие частицы. Например, вместо электронов могут быть мюоны (частицы с таким же зарядом, но гораздо более крупные). Экзотическая материя может иметь необычные свойства — допустим, при гравитации не притягиваться, а отталкиваться.

Пока что достоверных фактов существования кротовых нор, к сожалению, нет. Иначе уже бы давно в каждой квартире налогоплательщика была бы кротовая нора.

*Владимир Липунов,
советский и российский астрофизик*

Однако такие объекты вполне могут существовать во Вселенной. Вспомните хотя бы черные дыры, существование которых также было предсказано лишь на бумаге. Однако сейчас найдено достаточно практических подтверждений, которые перевели черные дыры из гипотетических в реальные объекты. Не исключено, что наша Вселенная пронизана такими червоточинами. Определить их можно будет уже

в недалеком будущем, с помощью детекторов гравитационных волн нового поколения.

Конечно, рано или поздно мы научимся строить звездолеты для межзвездных путешествий. Но такие полеты будут длиться десятки и сотни лет. К моменту приземления уже сменятся поколения астронавтов. А червоточины помогли бы существенно ускорить изучение космоса.

БИБЛИОГРАФИЯ

Вайнберг С. Первые три минуты. — М.: АСТ, 2018.

Друян Э. Космос. Возможные миры. — М.: АСТ, 2020.

Каку М. Уравнение Бога. В поисках теории всего. — М.: Альпина нон-фикшн, 2021.

Киппенхан Р. 100 миллиардов солнц. Рождение, жизнь и смерть звёзд. — М.: Мир, 1990.

Мюллер Р. Физика времени. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.

Попов С.Б. Суперобъекты: Звезды размером с город. — М.: Альпина нон-фикшн, 2019.

Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. — М.: Прогресс, 1986.

Тайсон Н.Д. 14 миллиардов лет космической эволюции. — СПб.: Питер, 2020.

Хокинг С. Будущее пространства — времени. СПб.: Амфора, 2009.

Хокинг С. Краткая история времени. — М.: АСТ, 2019.

Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени. — СПб.: Амфора, 2007.

Цвибах Б. Начальный курс теории струн. — М.: Книжный дом «Либроком», 2009.

12+

Научно-популярное издание

Серия «История и наука Рунета. Подарочное издание»

Александр Алексеевич Дементьев

**ПОПУЛЯРНАЯ АСТРОФИЗИКА:
философия космоса и пятое измерение**

Зав. редакцией *Евгения Ларина*
Руководитель группы *Елена Толкачева*
Литературный редактор *Анна Сазонова*
Корректор *Вера Вересиянова, Светлана Лаврентьева*
Технический редактор *Наталья Чернышева*
Верстка *Анны Грених*

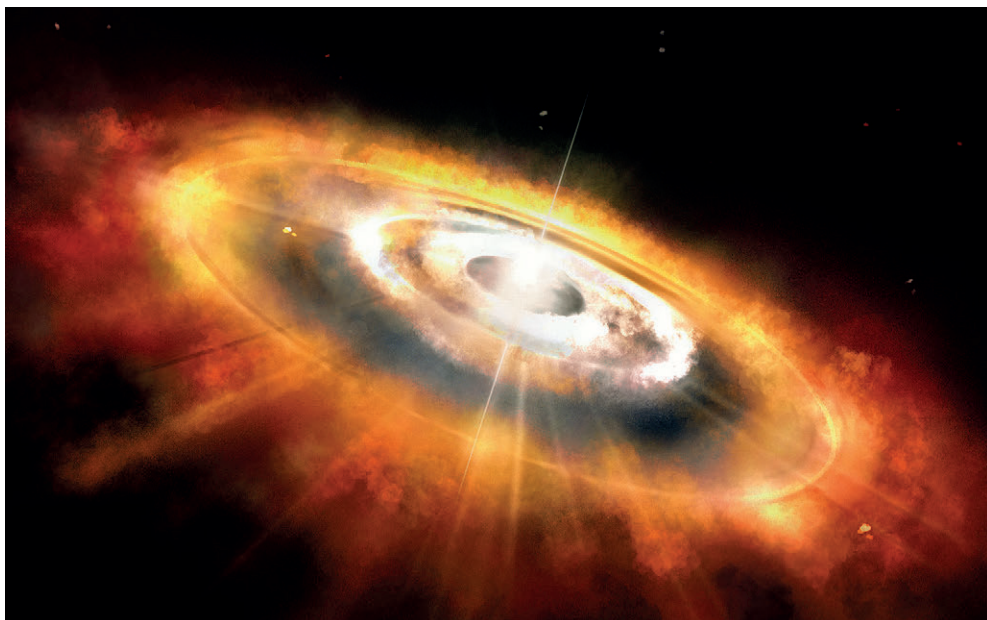
Подписано в печать 19.04.2022.
Формат 70x100/16. Усл. печ. л. 23,4.
Печать офсетная. Гарнитура NewBaskervilleITC. Бумага офсетная.
Тираж 3000 экз. Заказ №

Общероссийский классификатор продукции
ОК-034-2017 (КПЕС 2008): 58.11.1 – книги, брошюры печатные

Произведено в Российской Федерации. Изготовлено в 2022 г.
Изготовитель: ООО «Издательство АСТ»
129085 г. Москва, Звездный бульвар, д. 21, строение 1,
комната 705, помещение I, этаж 7

«Баспа Аста» деген ООО
129085, г. Мәскеу, Жұлдызды гүлзар, уй 21, 1 кұрылым, 705 бөлме
Біздің электрондық мекенжайымыз: www.ast.ru

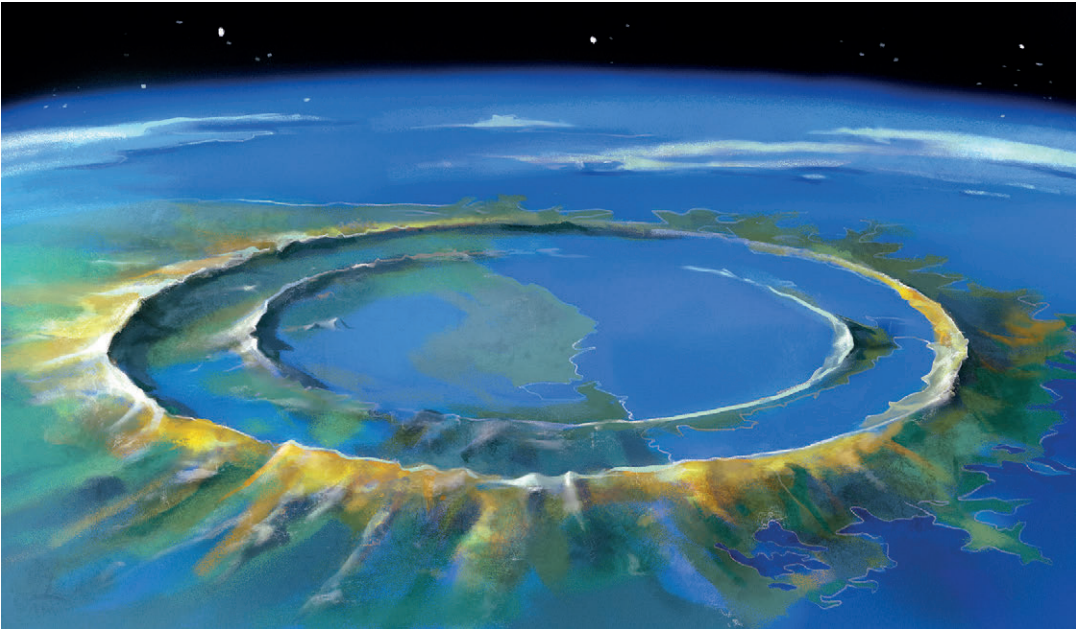
Интернет-магазин: www.book24.kz • Интернет-дүкен: www.book24.kz
Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».
Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.
Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию
в республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша
арыз-талаптарды
кабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш.,
3«а», литер Б, офис 1.
Тел.: 8 (727) 2 51 59 89,90,91,92. Факс: 8 (727) 251 58 12, вн. 107;
E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.
Өндірген мемлекет: Ресей



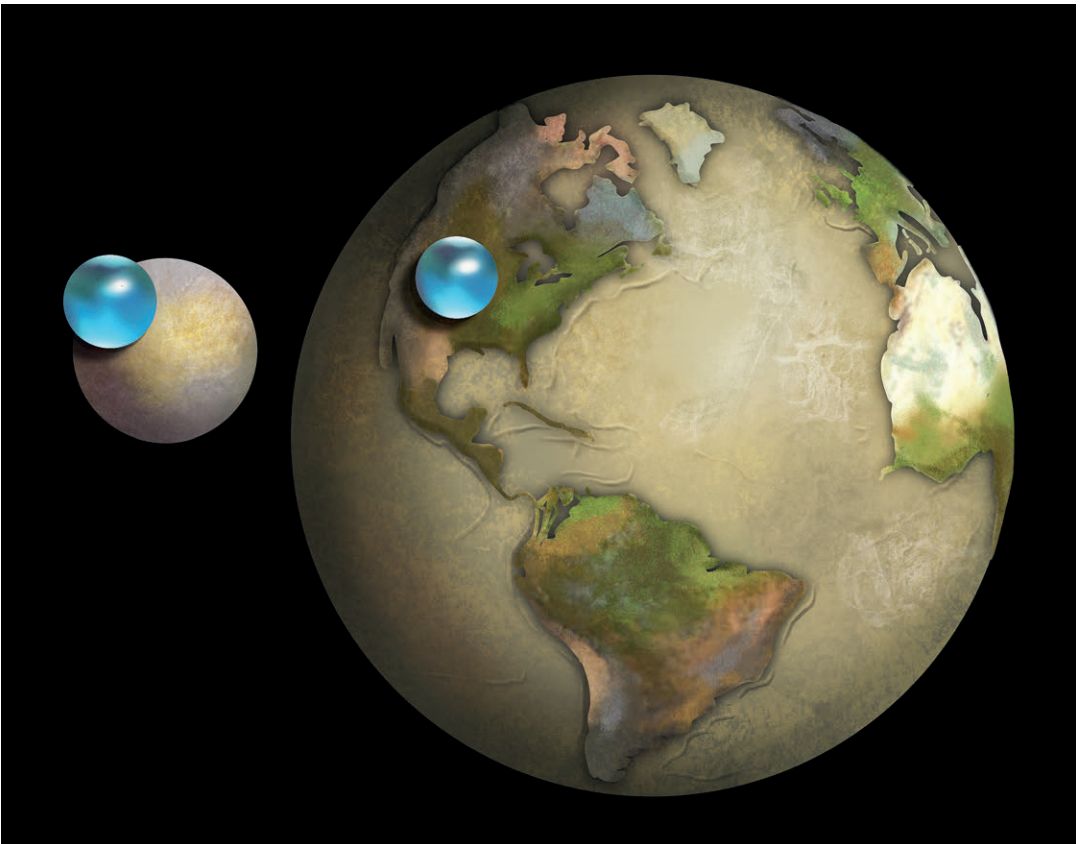
Звезда с протопланетным диском. Со временем эти круги начнут превращаться в планеты



Столкновение планет



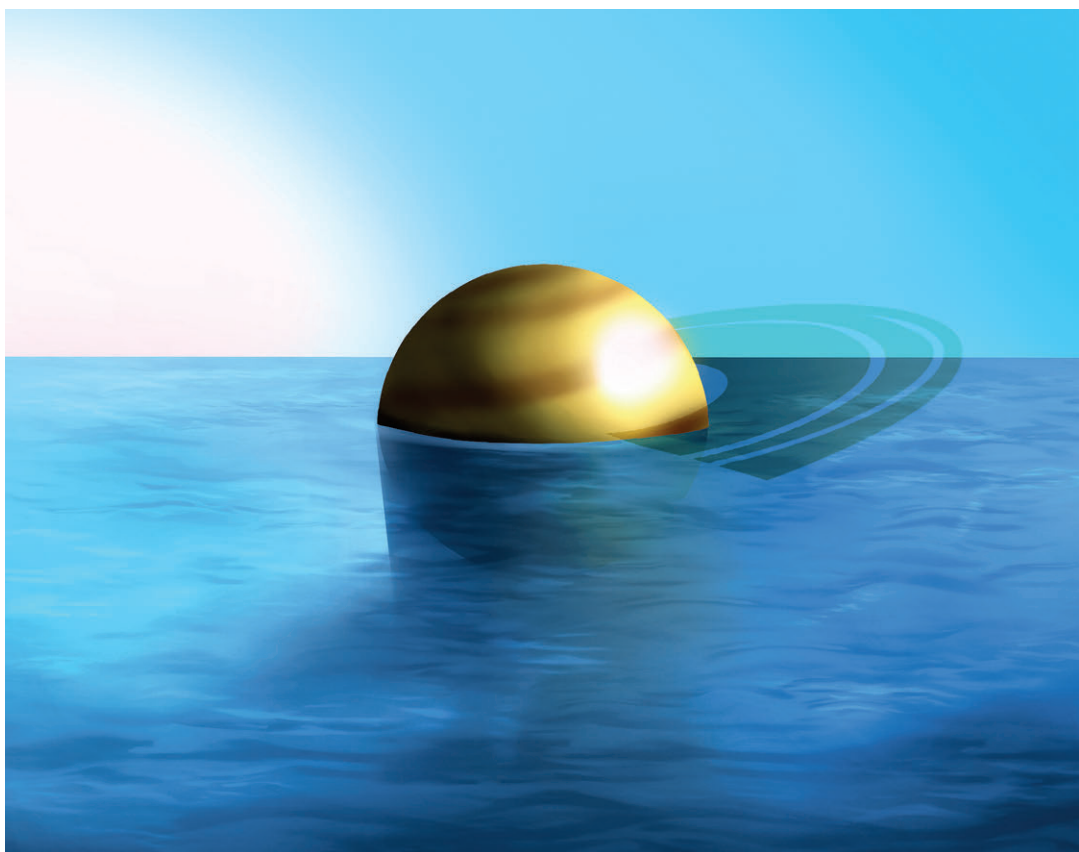
Кратер от метеорита Чиксулуб, который уничтожил динозавров. Вид из космоса



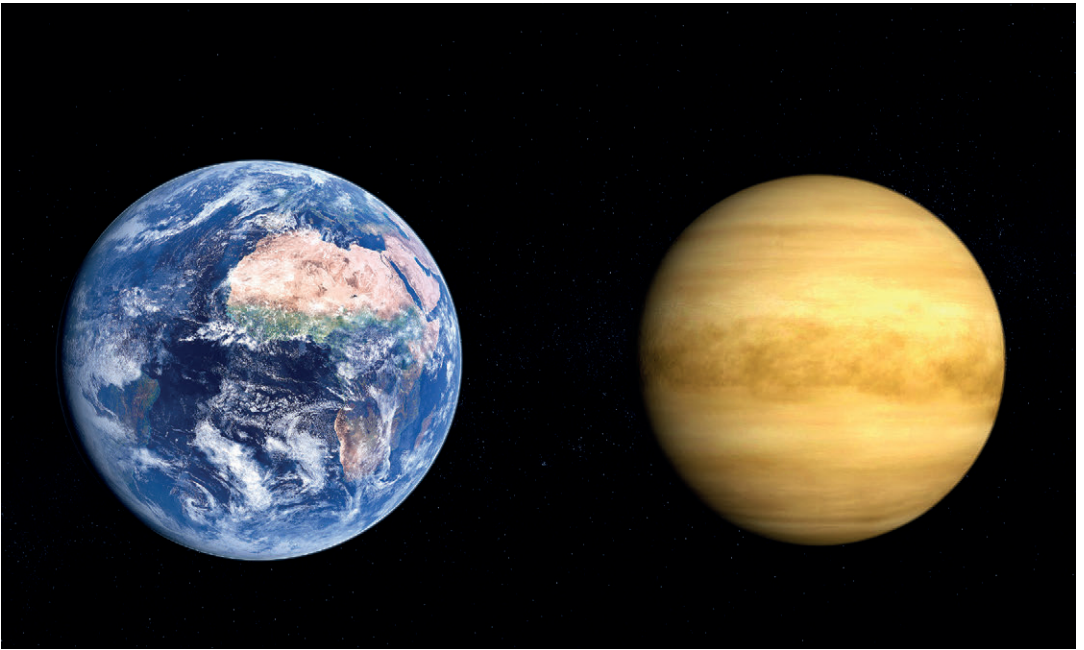
Объемы планет и воды на Европе (спутник Юпитера) и Земле



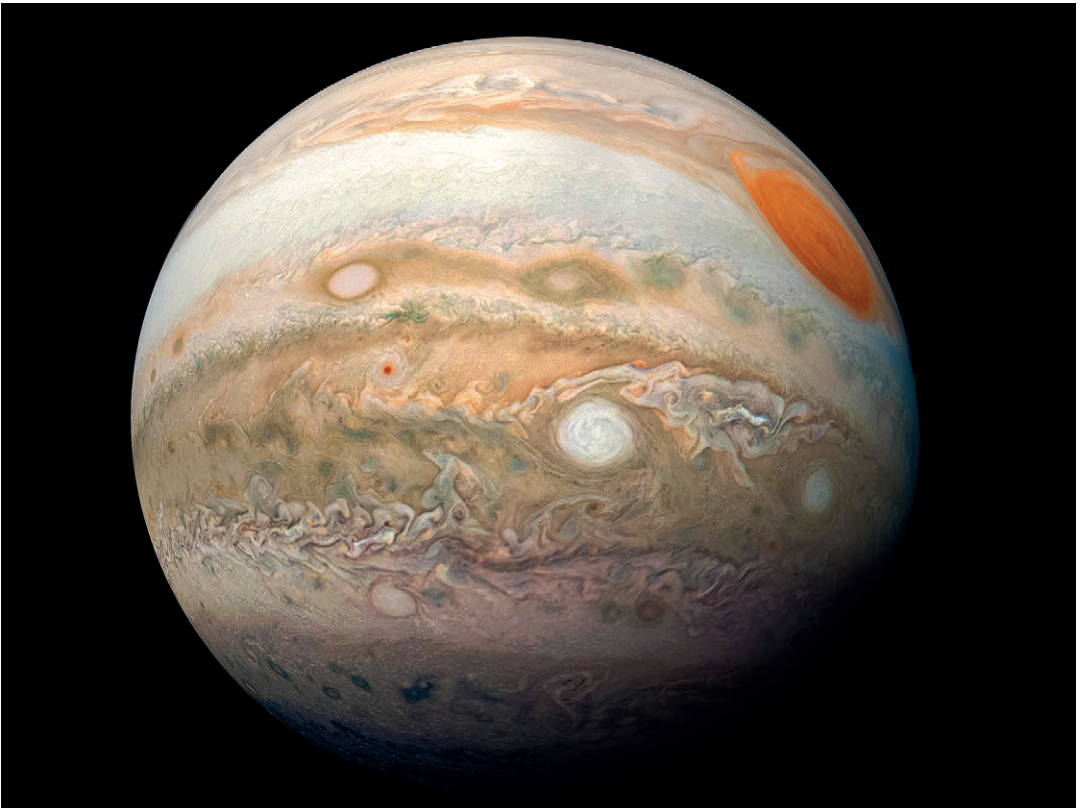
Вид с Земли на Солнце, которое стало растущим красным гигантом



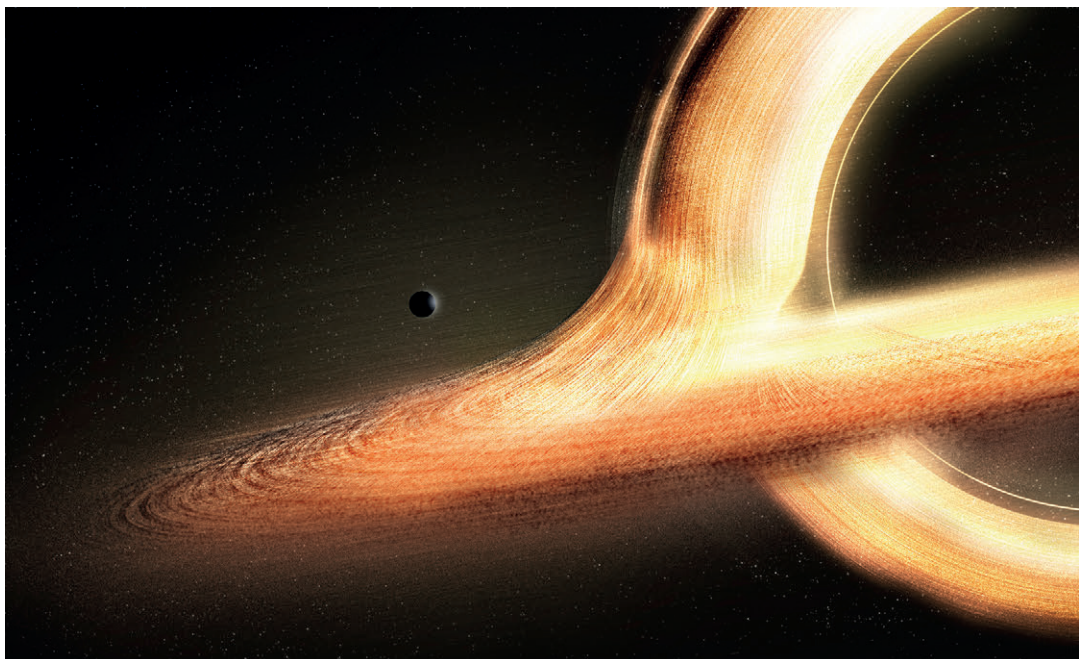
Так выглядел бы Сатурн в океане



Земля и Венера. Фото из архива *Shutterstock*

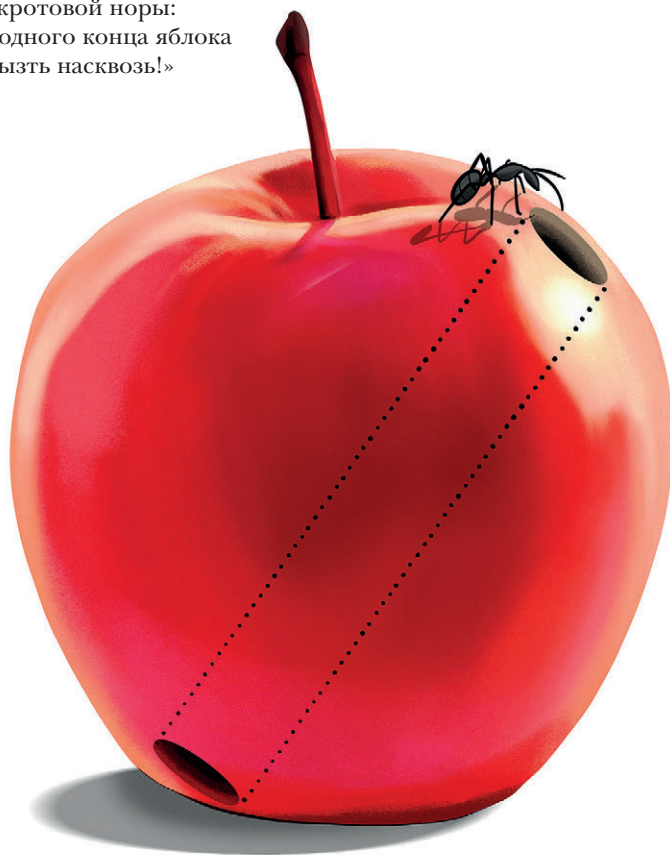


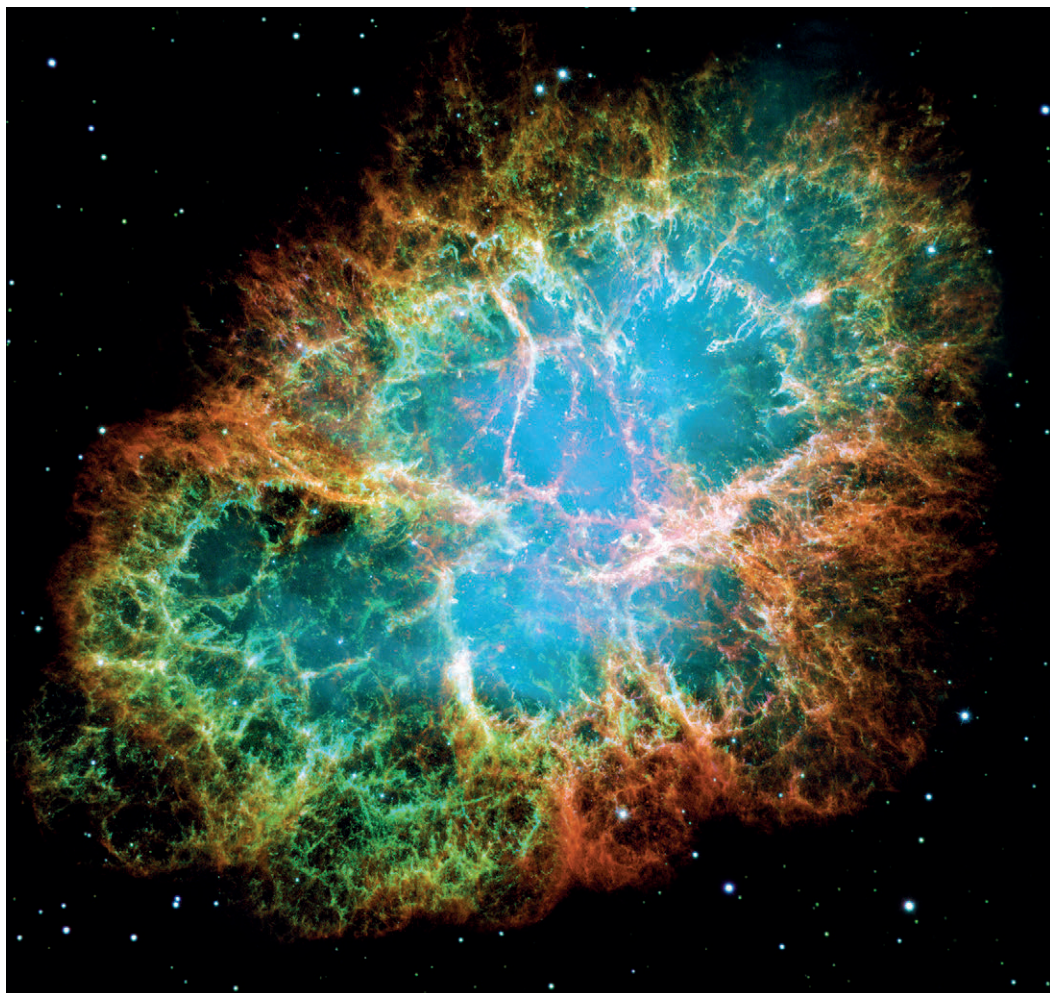
Самая большая планета Солнечной системы – Юпитер. Фото из архива *NASA*



Стереотипная черная дыра. Иллюстрация из архива *Shutterstock*

Принцип работы кротовой норы:
«Короткий путь с одного конца яблока
на другой — прогрызть насквозь!»

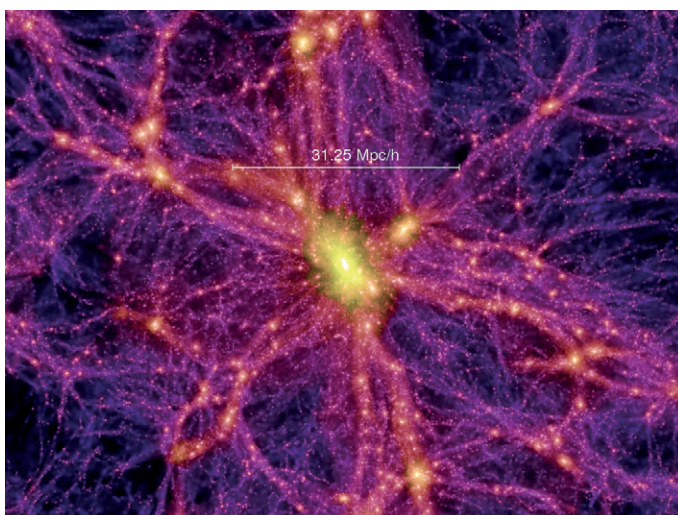
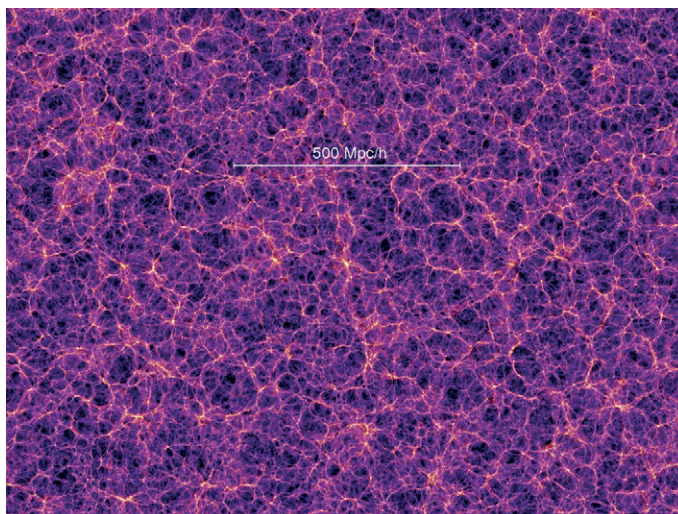




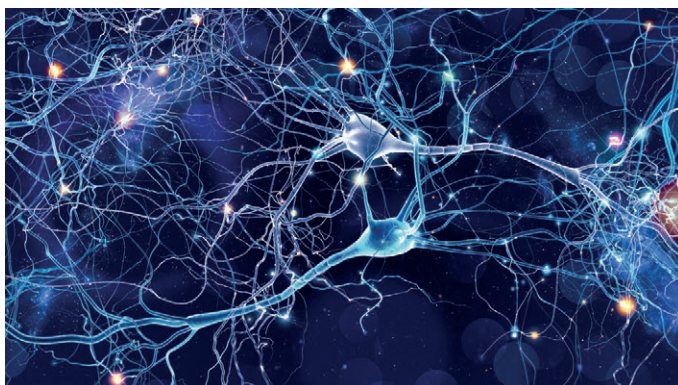
Крабовидная туманность, которая осталась после взрыва сверхновой в 1054 году.
Фото из архивов NASA



Туманность «Улитка». Фото из архивов NASA



Видимая часть Вселенной. Каждый маленький огонек на картинке — это целая галактика.
Иллюстрация *Springel et al. (2005)*



Нейроны. Иллюстрация из архива *Shutterstock*

Соседняя галактика
Андромеда (M31).
Фото из архива *NASA/JPL-Caltech*



Вид на кратер Королёв с космического аппарата «Марс-Экспресс».
Фото из архива *ESA/DLR/FU Berlin*