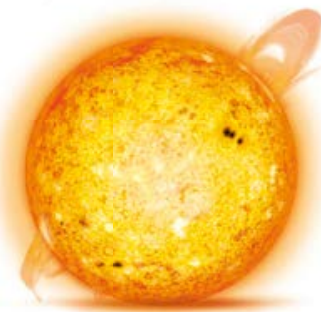


Что такое звезды

Звезда — это огромный светящийся шар раскаленного газа, в основном водорода, в ядре которого вырабатывается невероятное количество энергии. Поднявшись к поверхности звезды, эта энергия выбрасывается в пространство в виде света, тепла и иных невидимых типов излучения. Из-за огромного количества производимой энергии звезды такие яркие и горячие.

ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ ЗВЕЗДЫ

Звезды различаются по размеру, но все устроены одинаково. У каждой есть раскаленная центральная часть — ядро, где вырабатывается энергия; один или несколько слоев газа, в которых происходит перенос энергии; раскаленная поверхность и атмосфера.



СОЛНЦЕ

Обычная звезда

Наше Солнце — обычная звезда, которая кажется нам огромной, потому что находится очень близко. У звезд такого размера обычно есть два слоя, через которые энергия идет от ядра к поверхности: внутренний, в котором энергия переносится в виде электромагнитного излучения, и внешний (конвективный), где раскаленный газ поднимается к поверхности, остывает и вновь опускается. У более крупных звезд эти слои расположены в обратном порядке, а у маленьких может быть только конвективный слой.

Почему звезды светят

В ядре звезды при очень высокой температуре и огромном давлении происходит термоядерный синтез. Ядра атомов водорода сталкиваются, сливаются в ядра гелия — и в процессе этого высвобождается энергия, которая выбрасывается в пространство в виде света, тепла и иных невидимых глазу типов излучения.



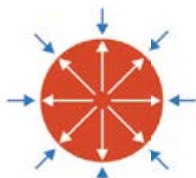
Звездное равновесие

Обычные звезды, такие как Солнце, находятся в равновесии. Это значит, что их размер, масса и светимость практически не меняются. Когда равновесие нарушается, звезда может превратиться в красный гигант или черную дыру.



Баланс сил

В обычной звезде сила тяготения к центру равняется силе газового давления наружу.



Красный гигант

Когда в ядре звезды сгорает водород и начинает гореть гелий, давление наружу усиливается — и звезда растет.



Черная дыра

Когда массивная звезда умирает, сила тяготения сжимает ее ядро и превращает его в черную дыру.

ЗВЕЗДНЫЙ СВЕТ

Энергия звезд передается в виде электромагнитного излучения, которое представляет собой волны, движущиеся со скоростью света. Существуют разные виды электромагнитного излучения: видимый свет, рентгеновские лучи, микроволны. У каждого из них своя длина волны и частота. Мы не можем посетить звезды из-за их дальности, но можем многое о них узнать, анализируя приходящее излучение.



Эти звезды выглядят одинаково яркими, но у звезды А светимость больше, чем у Б, просто она находится дальше от Земли.

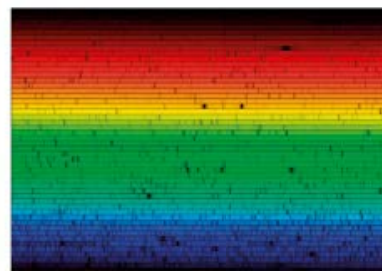
Яркость звезды

Количество энергии, излучаемое звездой, называется светимостью. А количество света, воспринимаемого наблюдателем, — яркостью. Измеряют ее в звездных величинах. Она зависит от светимости звезды и от расстояния до нее: на большом расстоянии даже звезда высокой светимости может казаться с Земли тусклой. Звезды, видимые невооруженным глазом, имеют яркость от $-1,5$ звездной величины (самая яркая) до $+6$ (самая тусклая).



Электромагнитный спектр

Все виды электромагнитного излучения складываются в спектр. Звезды испускают излучение в самых разных диапазонах электромагнитного спектра. Но только один из диапазонов человек может видеть — это видимый свет. Цвета — это излучение с разной длиной волны: например, у красного света длина волны больше, чем у фиолетового.



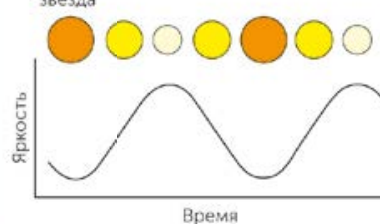
Излучение звезд

Газ в недрах звезды излучает все длины волн, то есть непрерывный спектр. А каждый элемент в атмосфере звезды поглощает определенную его часть. Анализируя свет звезды с помощью спектрографа, можно увидеть уникальный узор и сделать вывод о составе светила. На изображении выше показан спектр Солнца. По темным полосам поглощенного света можно определить наличие в его атмосфере 67 разных элементов.

Переменные звезды

Несмотря на стремление звезд к равновесию, размер и светимость некоторых регулярно меняются. Преобладание гравитации сменяется преобладанием газового давления — и звезда циклично увеличивается и уменьшается. Длина этого цикла может составлять от нескольких часов до нескольких лет. Ярче и горячее всего эти звезды становятся при минимальных размерах, а тусклее и холоднее — при максимальных.

Переменная звезда

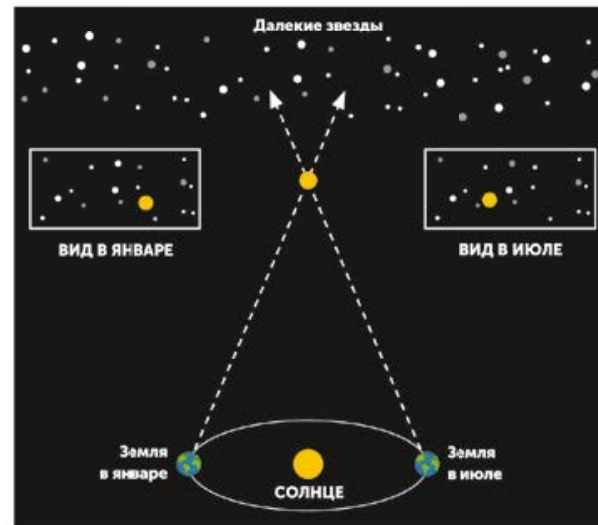


КАК ДАЛЕКИ ЗВЕЗДЫ

Все звезды, кроме Солнца, находятся невероятно далеко от Земли. Именно поэтому они кажутся нам лишь яркими точками в ночном небе. Для измерения столь больших расстояний введена особая единица — световой год (св. год), то есть расстояние, которое проходит свет в вакууме за один год. Световой год равен примерно 9,5 трлн км.

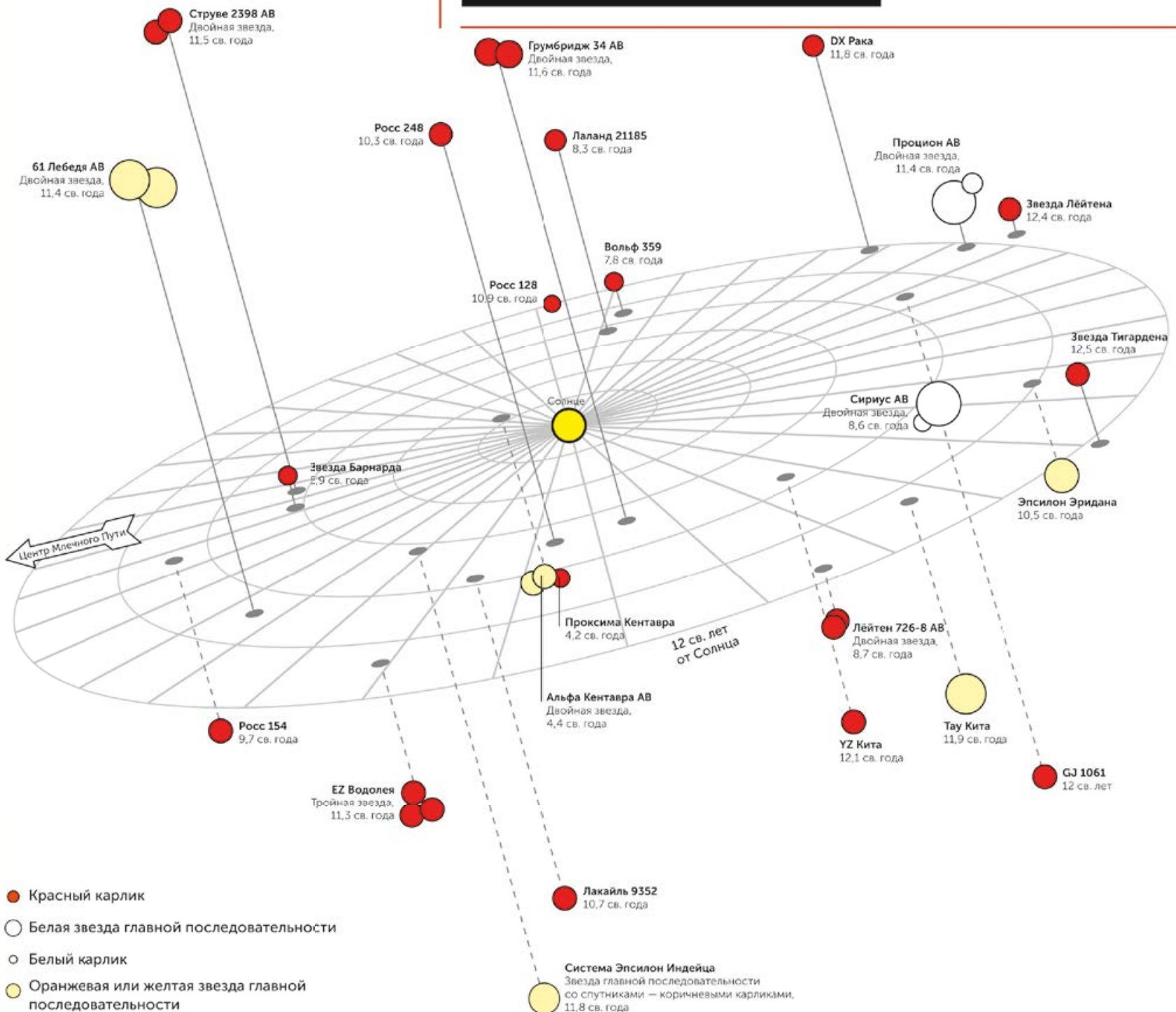
Ближайшие звезды

В пределах 12,5 св. года от Солнца находятся 33 звезды. Некоторые из них входят в звездные системы, содержащие две или три звезды. Одни из них — маленькие и тусклые, другие — крупные и яркие. На диаграмме внизу показано их расположение относительно Солнца (в центре).



Измерение расстояний

Существуют разные методы измерения расстояний до звезд. Один из них — наблюдать объект два раза с промежутком в полгода. За это время Земля проходит половину своей орбиты, поэтому видимое положение звезды относительно более далеких светил немного смещается (такой эффект называется параллаксом). По величине смещения можно вычислить расстояние до этой звезды. С помощью такого метода астрономы вычислили, что расстояние до самой близкой к Солнцу звезды — Проксима Кентавра — составляет примерно 4,2 св. года.



Виды звезд

На ночном небе все звезды похожи на сияющие точки. В действительности они различаются по размеру, цвету, яркости и продолжительности жизни.

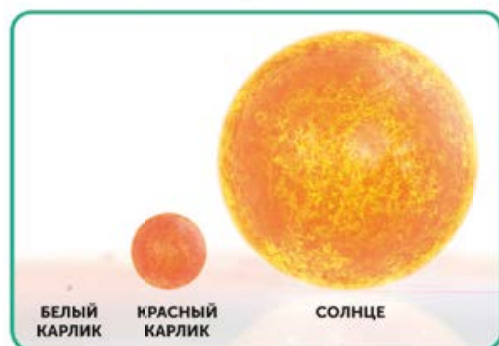
Самые маленькие звезды — это карлики объемом менее тысячной доли Солнца. Самые крупные превосходят его по объему в 8 млрд раз, и они в миллиарды раз ярче мелких. Характеристики звезды в основном зависят от ее массы, то есть от того, сколько вещества она содержит. Чем массивнее звезда, тем она ярче и горячее, но тем короче ее жизнь, ведь топливо в ядрах крупных звезд сгорает намного быстрее. Астрономы разделяют звезды на группы в соответствии с их цветом, размером и яркостью.

Звезды-гиганты

Самые крупные — старые звезды, которые к концу своей жизни стали огромными и яркими. Звезды-гиганты могут быть в 200 раз больше Солнца и в тысячи раз ярче. Сверхгиганты и гипергиганты бывают до 2000 раз крупнее Солнца и до миллиарда раз ярче.

Звезды-карлики

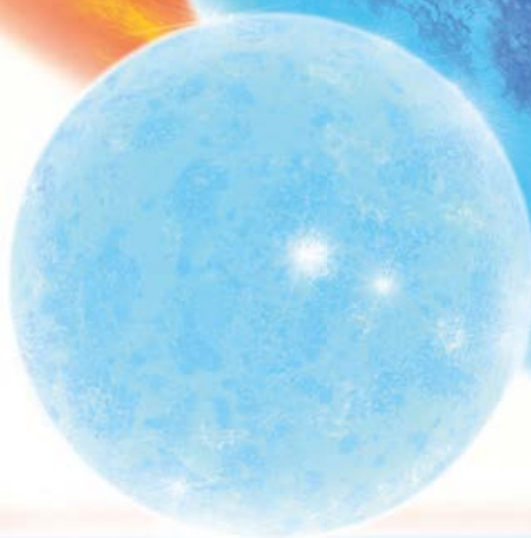
Карлики — самая распространенная группа звезд. Они относительно небольшие и тусклые. К этой категории относятся звезды размером чуть больше или чуть меньше Солнца. Карлики бывают желтые, красные и белые. Последние — это крошечные и плотные ядра звезд-гигантов.



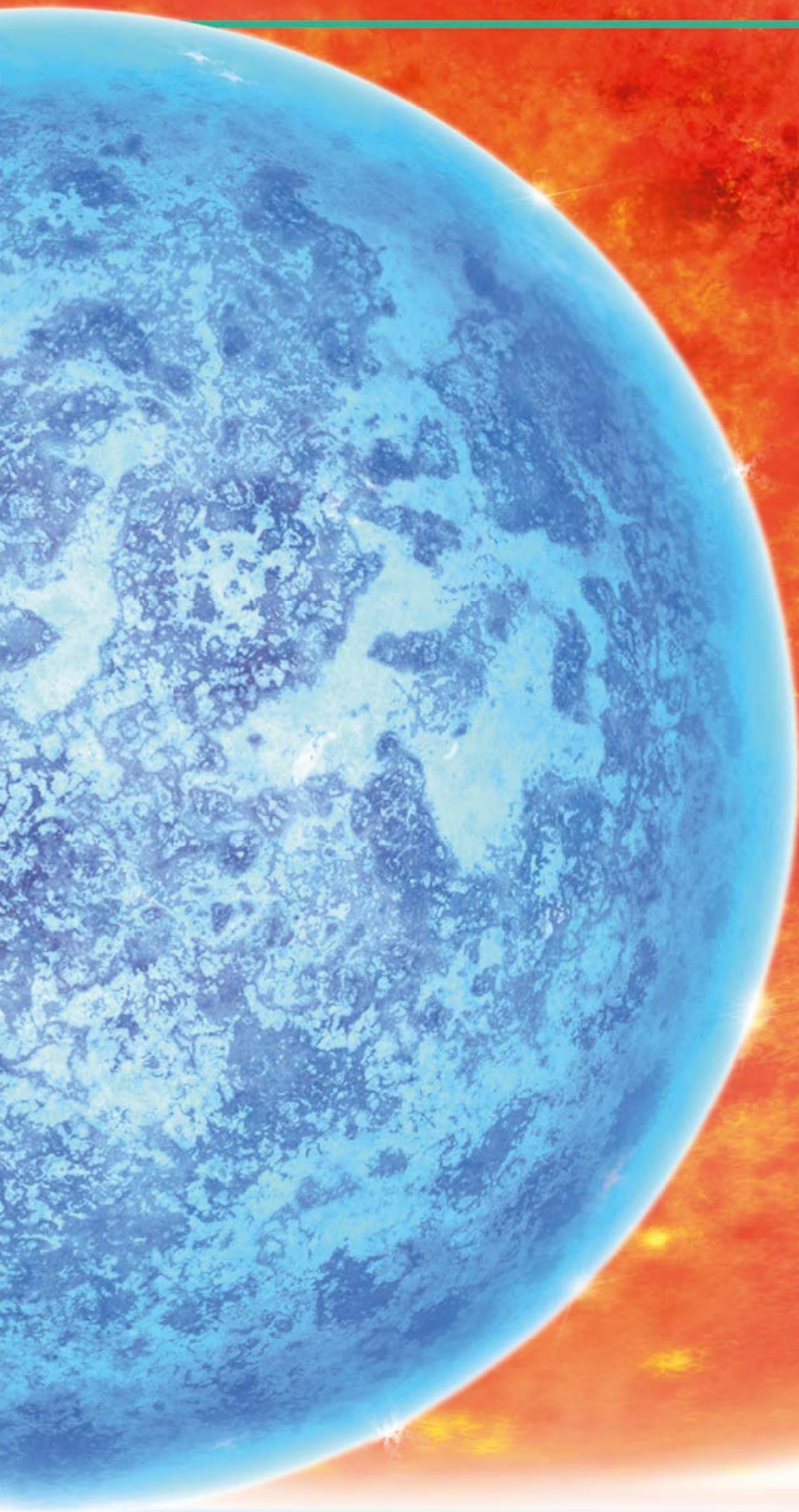
ОРАНЖЕВЫЙ
ГИГАНТ



КРАСНЫЙ
ГИГАНТ



ГОЛУБОЙ
СВЕРХГИГАНТ



ГОЛУБОЙ
ГИПЕРГИГАНТ

КРАСНЫЙ
СВЕРХГИГАНТ

Цвета

Цвет звезды зависит от температуры ее поверхности. Самые горячие светятся голубоватым светом, а более холодные — красным. Например, в телескоп можно увидеть двойную звезду Альбирео: одна светится оранжево-красным, другая — голубым.

Цвет	Температура
● Голубой	45 000 °C
● Бело-голубой	30 000 °C
● Белый	12 000 °C
● Желтоватый	8 000 °C
● Желтый	6 500 °C
● Оранжевый	5 000 °C
● Красный	3 500 °C

Звездная диаграмма

Около ста лет назад астрономы Эйнар Герцшпрунг и Генри Рассел придумали классификацию звезд. На диаграмме по горизонтали отмечена температура звезд, а по вертикали — светимость. Большинство звезд, в том числе Солнце, попало на полосу диаграммы, которую назвали главной последовательности. Там находятся звезды от маленького до среднего размера разных цветов. Другие звезды, в том числе гиганты и карлики, составляют отдельные группы. Это старые звезды, которые принадлежали к главной последовательности миллионы лет назад.



ОРИОН

Наблюдение за сверхгигантами

Звезды-сверхгиганты можно увидеть в созвездии Орион, названном в честь мифологического охотника Ориона. На его «плече» расположен красный сверхгигант Бетельгейзе — одна из крупнейших звезд Северного полушария, а «нога» Ориона — голубой сверхгигант Ригель.

Туманность Ориона

Это яркое газовое облако в 1500 св. лет от Земли — ближайшая к нам область активного звездообразования. Туманность легко увидеть в бинокль, если посмотреть на созвездие Орион, однако она покажется гораздо более блеклой, чем на этом снимке.

Район Трапеции

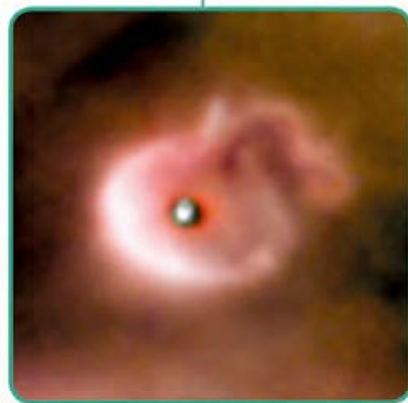
В центре туманности Ориона есть скопление очень ярких, недавно образовавшихся звезд, которое называют Трапецией. Эти звезды в 30 раз массивнее Солнца, а излучаемая ими энергия подсвечивает окружающее их газовое облако.



Это газовое облако отделено от основной части туманности темными полосами пыли и освещено молодой звездой, находящейся в его центре.

Юные звезды

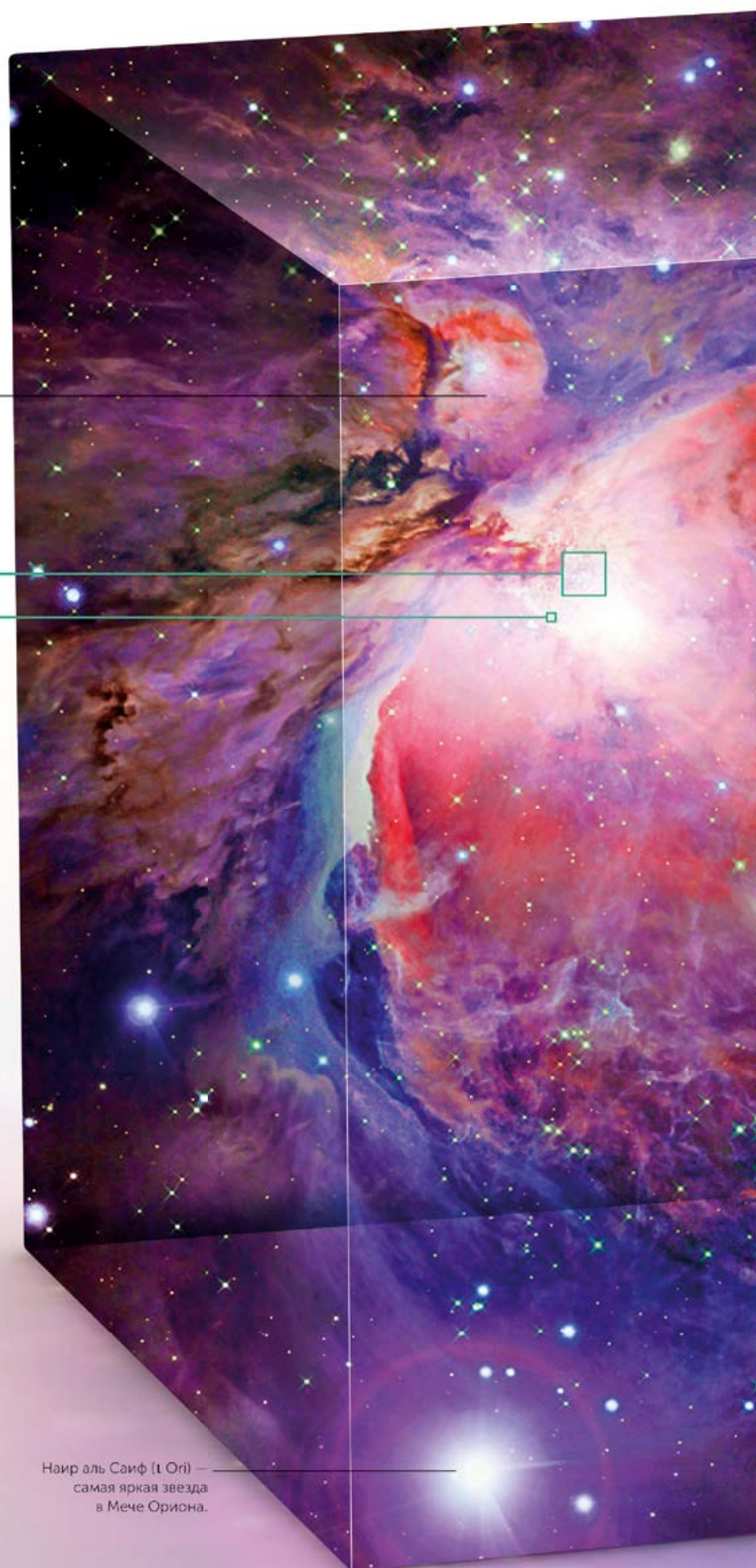
Самые молодые звезды в туманности Ориона всё еще окружены плотными газово-пылевыми дисками — проплидами. Телескоп «Хаббл» сфотографировал 30 таких дисков. В дальнейшем из пыли и газа в них могут сформироваться планеты.



Рождение звезд

Звезды и планеты образуются из молекулярных облаков в течение миллионов лет.

Пространство в космосе не пустое, оно заполнено межзвездным газом, который в основном состоит из водорода и гелия. Этот газ образует облака разной температуры. В горячих облаках атомы распадаются, а в холодных сохраняют свою целостность и могут соединиться в молекулы. Только в хладном молекулярном облаке огромного размера могут рождаться звезды, потому что гравитация стягивает вещество к центру. Меньшим молекулярным облакам не суждено стать звездами: газовое давление просто оттолкнет вещество из центра в космос. Молекулярные облака в миллионы раз массивнее Солнца, поэтому, как правило, в каждом из них рождается множество звезд.



Наир аль Саиф (1 Ori) — самая яркая звезда в Мече Ориона.



Интенсивное ультрафиолетовое излучение от молодых звезд заставляет атомы газовых облаков светиться. Каждый элемент испускает уникальный цвет. Например, водород светится красным. Цвета на этой фотографии усилены.

Расширяющийся шар с раскаленным газом.

Мощный звездный ветер от новорожденных массивных звезд создает газово-пылевые арки.

Участки водорода и пыли.

Темные участки — это облака пыли, поглощающие свет.

Как появляется звезда

Звезды рождаются в холодных молекулярных облаках. Когда что-то (взрыв сверхновой или столкновение со звездой) воздействует на них, запускается процесс звездообразования.



Появление сгустков

В облаке, состоящем из холодного газа и пыли, появляются уплотнения — сгустки газа.



Сгусток сжимается

При сжатии газ охлаждается, потому что излучает энергию сжатия в космос. Сила тяготения заставляет сгусток сжиматься и притягивать еще больше газа.



Вращающийся диск

Когда сгусток уже не может излучать энергию в космос, он нагревается, а вокруг него образуется диск вещества. Вдоль оси диска вырываются струи газа.



Зажигается звезда

Когда температура в центре облака достигает 3–4 млн °С, начинается термоядерная реакция — рождается звезда. А остатки вещества обращаются по орбитам вокруг нее.



Диск рассеивается

Излучение звезды отталкивает остатки облака, в котором она родилась. Из плотных сгустков на орбитах формируются планеты.

Области звездообразования

В Галактике много областей звездообразования. На первом изображении внизу — розовая туманность Конская Голова в инфракрасном свете. Туманность Киля (второе изображение), которая вчетверо больше туманности Ориона, известна огромным газово-пылевым столбом под названием Мистическая Гора.



ТУМАННОСТЬ КОНСКАЯ ГОЛОВА



МИСТИЧЕСКАЯ ГОРА В ТУМАННОСТИ КИЛЯ

Экзопланеты

Экзопланетами называются планеты, обращающиеся вокруг звезд за пределами Солнечной системы. Они бывают самых разных размеров и температур, а некоторые движутся вокруг двойных звезд. Есть и изгнанные из своих систем странники, которые блуждают в темноте по Галактике.

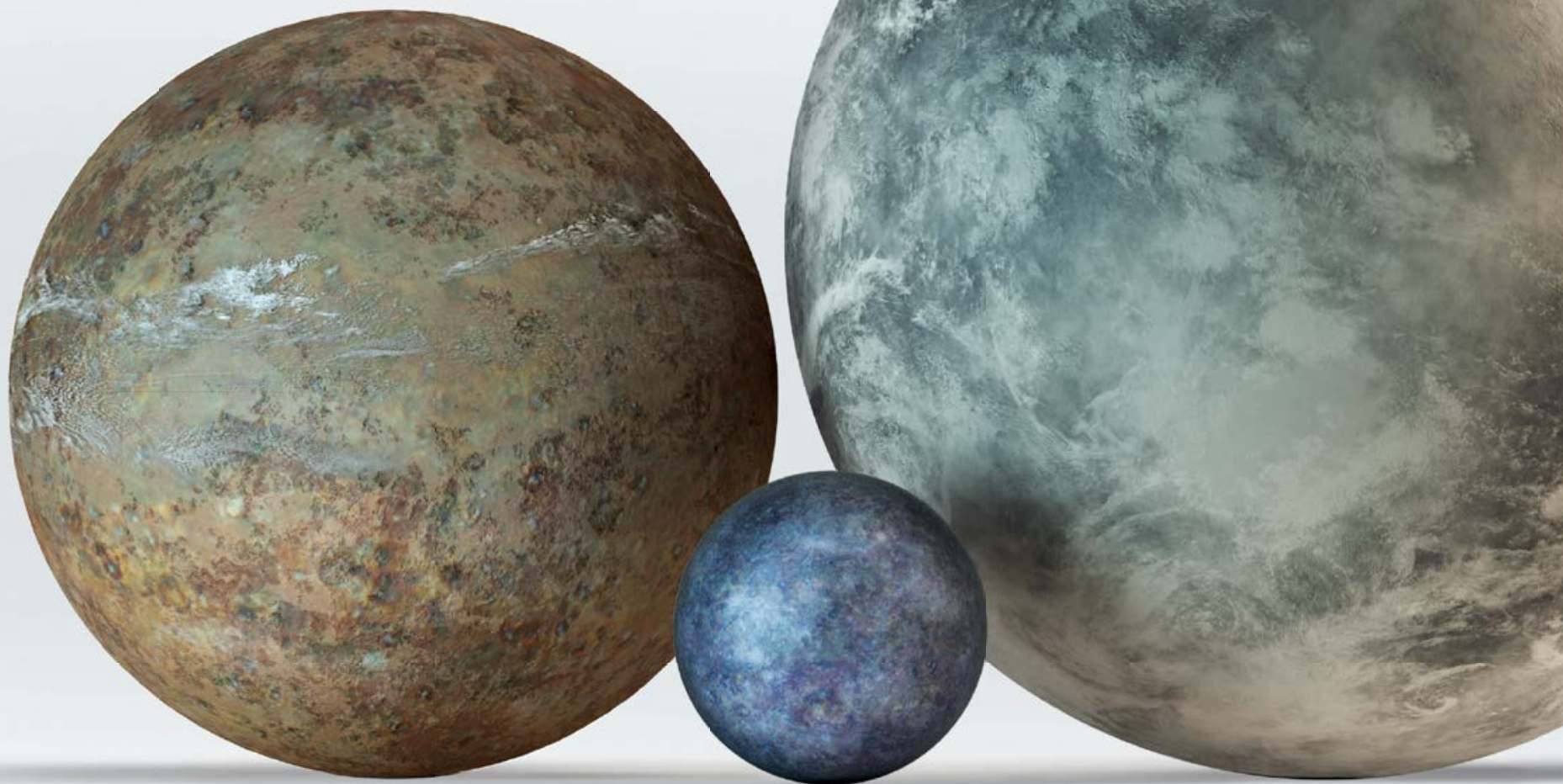
До 90-х гг. XX в. человечеству были известны только восемь планет, удерживаемых притяжением Солнца. Люди предполагали, что вокруг других звезд тоже обращаются планеты, но из-за огромного расстояния проверить это было невозможно. С развитием телескопов астрономы стали замечать небольшие изменения интенсивности света и цвета далеких звезд, свидетельствующие с том, что перед ними проходят планеты. Первую экзопланету открыли в 1995 г. С тех пор были обнаружены сотни внесолнечных систем. В некоторых насчитывается до семи планет. Одни из них небольшие и, вероятно, каменные, как Земля, а другие — гиганты с кольцами в 200 раз шире, чем у Сатурна.

Астрономы считают, что только в нашей Галактике может быть **11 млрд** пригодных для обитания экзопланет, похожих на Землю.

Система Kepler-62

В 2013 г. космический телескоп «Кеплер» открыл пять экзопланет, обращающихся вокруг звезды Kepler-62, которая находится в 990 св. годах от Земли. На рисунке ниже эти небесные тела изображены в представлении художника: они слишком далеки от нас, чтобы их можно было сфотографировать. Как и всем недавно открытым экзопланетам, планетам системы Kepler-62 присвоены номера, но в дальнейшем они могут получить названия.

Из-за толстой атмосферы планеты Kepler-62d могут закрывать плотные облака.



Опаленная звездой

Находясь очень близко к звезде, Kepler-62b совершает полный оборот вокруг нее за шесть дней. На планете слишком жарко для жизни: температура поверхности достигает 475 °С.

Размером с Марс

Kepler-62c имеет приблизительно такой же размер, как у Марса. Температура ее поверхности 300 °С.

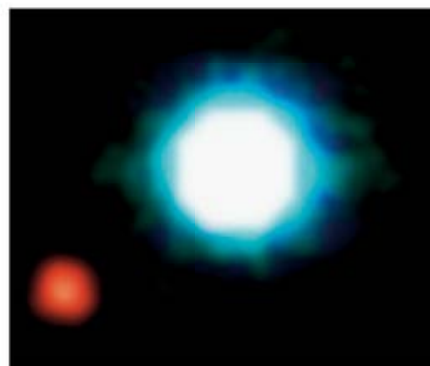
Крупнейшая планета

Размер планеты Kepler-62d позволяет предположить, что ее силы тяготения достаточно, чтобы удержать вокруг себя толстую атмосферу.



Зона жизни

Две планеты в системе Kepler-62 обращаются в зоне жизни — области с наиболее благоприятными условиями для возникновения жизни земного типа. Ученые считают, что для этого необходимы жидкая вода, плотная атмосфера, магнитное поле, химическое разнообразие и достаточное количество энергии от звезды.



Первая фотография экзопланеты

Этот снимок был сделан в 2004 г. На нем впервые запечатлена экзопланета, которая выглядит как коричневая точка рядом с яркой родительской звездой. Она находится в 211 св. годах от Земли и относится к типу горячих юпитеров — раскаленных газовых гигантов с массой, как у Юпитера.

Kepler-62e — скорее всего, каменная планета с толстой атмосферой, возможно покрытая океанами или льдом.



Далекие миры

Зная расположение планеты, звезд и других небесных тел вокруг нее, можно представить, как выглядит ее ночное небо. Например, так может выглядеть система Kepler-62 с планеты Kepler-62f: близко в небе висит Kepler-62e, а остальные три планеты виднеются в отдалении.

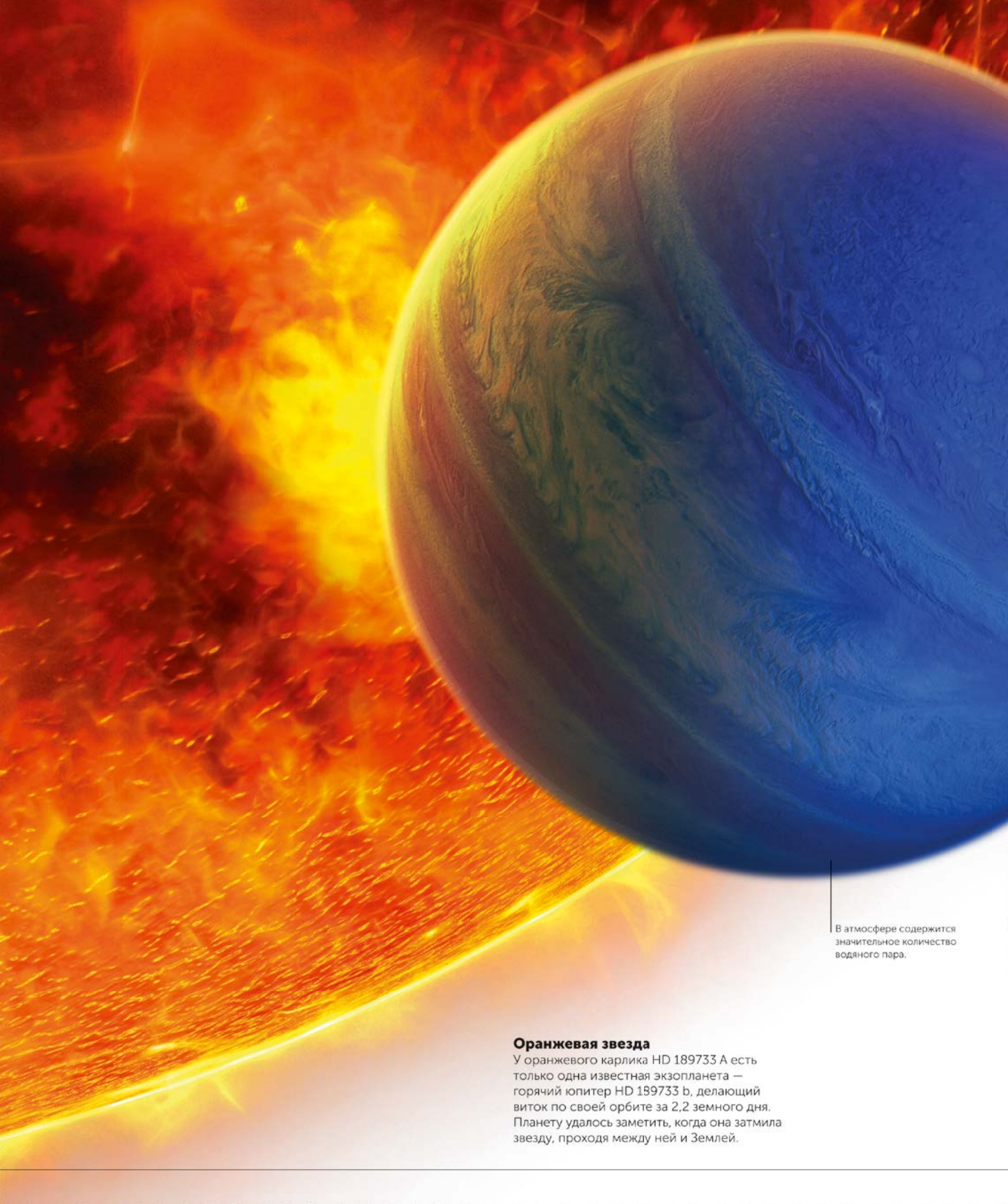


Похожая на Землю

Из всех известных планет наиболее похожа на Землю Kepler-62e. Температура на поверхности держится в районе 0 °С, а значит, здесь могут быть жидкая вода, облачная атмосфера и даже жизнь.

Холодная Земля

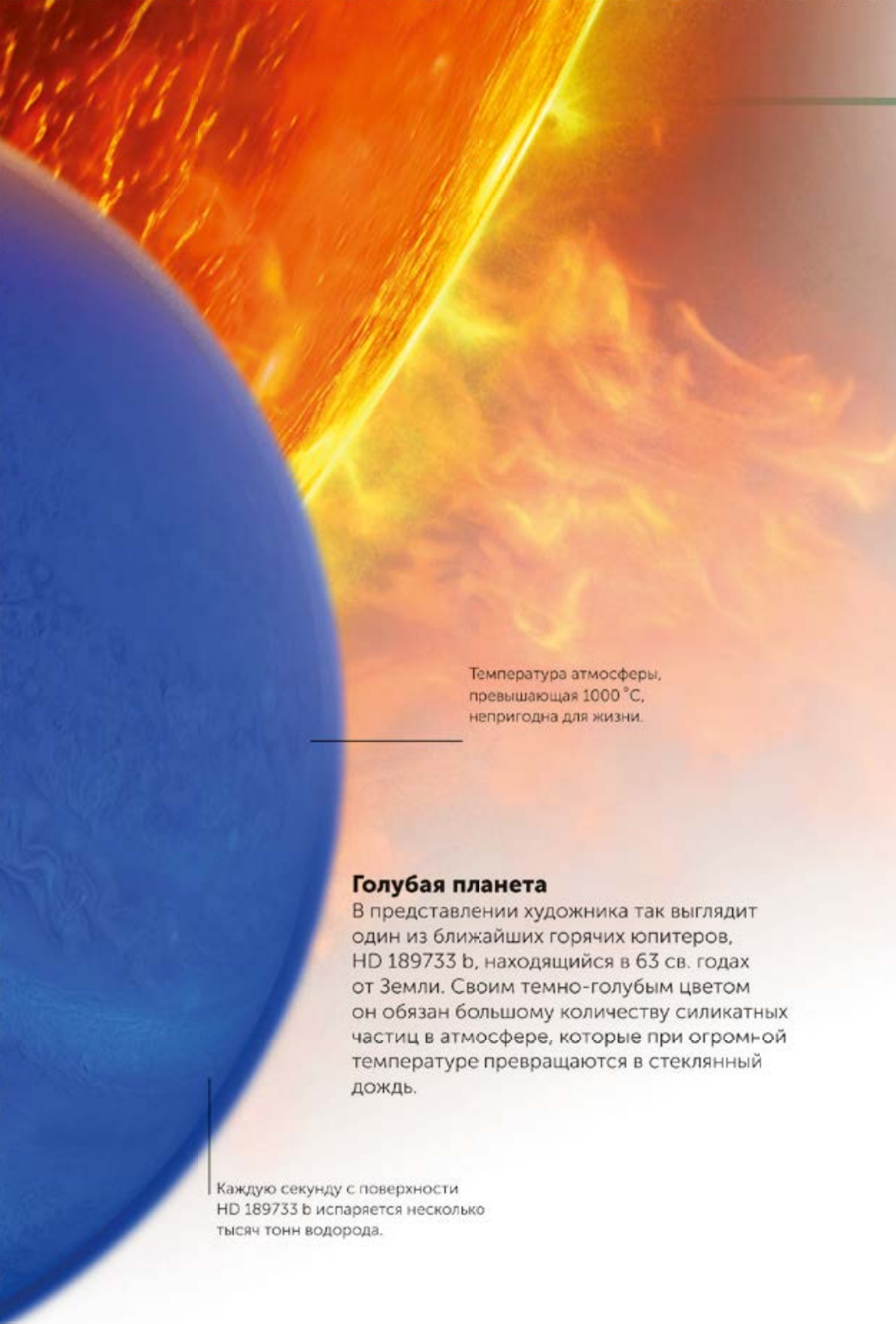
Kepler-62f похожа на 62e, но она холоднее. На поверхности могут быть вода и лед. Год на планете длится 267 земных суток, а сила тяжести, вероятно, превышает земную.



В атмосфере содержится значительное количество водяного пара.

Оранжевая звезда

У оранжевого карлика HD 189733 A есть только одна известная экзопланета — горячий юпитер HD 189733 b, делающий виток по своей орбите за 2,2 земного дня. Планету удалось заметить, когда она затмила звезду, проходя между ней и Землей.



Температура атмосферы, превышающая 1000 °С, непригодна для жизни.

Голубая планета

В представлении художника так выглядит один из ближайших горячих юпитеров, HD 189733 b, находящийся в 63 св. годах от Земли. Своим темно-голубым цветом он обязан большому количеству силикатных частиц в атмосфере, которые при огромной температуре превращаются в стеклянный дождь.

Каждую секунду с поверхности HD 189733 b испаряется несколько тысяч тонн водорода.

Горячие юпитеры

Многие экзопланеты относятся к типу горячих юпитеров: это газовые гиганты размером с Юпитер или крупнее, однако намного горячее его, поскольку находятся близко к своим звездам.

Орбиты горячих юпитеров пролегают на расстоянии от 2 до 75 млн км от их звезд — это куда меньше, чем от Юпитера до Солнца (780 млн км). Из-за такого небольшого расстояния на горячих юпитерах могут быть экстремальные погодные условия: свирепый ветер, жара, способная плавить металл, и дожди из стекла. Ученые считают, что изначально эти гиганты располагались дальше от своих звезд, но позже приблизились к ним. Такой вывод делается исходя из того, что рядом со звездой не хватило бы материала для образования такой огромной планеты.

Смерть горячих юпитеров

Судьба горячих юпитеров незавидна. Некоторых поглощают их же родительские звезды. Другие выгорают, оставляя после себя лишь каменистое или металлическое ядро.



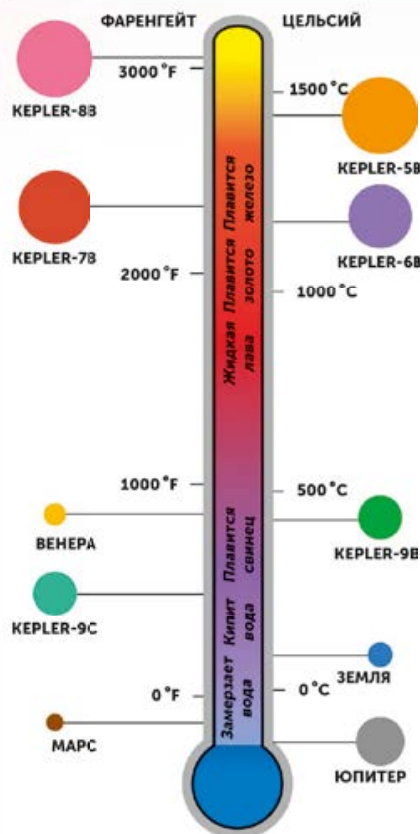
Жертва силы тяготения

Горячий юпитер WASP-12 обращается так близко к своей звезде, что она поглощает его.



Потеря атмосферы

Из атмосферы планеты HD 209458 b испаряются тысячи тонн водорода в секунду, вытягиваясь в длинный шлейф.



Температура горячего юпитера

Температуру на некоторых горячих юпитерах, например на Kepler-5b и Kepler-7b, определил космический телескоп «Кеплер». На этой диаграмме она сравнивается с поверхностной температурой четырех планет Солнечной системы. Некоторые экзопланеты горячее жидкой лавы и расплавленного железа.

Безумные орбиты

Ипсилон Андромеды b был одним из первых горячих юпитеров, открытых астрономами. Это одна из четырех планет, обращающихся вокруг звезды в 44 св. годах от нас. На этой схеме хорошо видно, насколько разные у экзопланет орбиты.



**Рождение звезды**

Облака звездообразования разбросаны по спиральным рукавам Млечного Пути и по другим галактикам. В зависимости от массы молекулярного облака из него образуются разные типы звезд, и у каждого свой эволюционный путь.

**КРАСНЫЙ КАРЛИК****Малые звезды**

Самые маленькие звезды (не более четверти массы Солнца) — относительно холодные и тусклые. Их называют красными карликами. Такие звезды могут светить сотни миллиардов лет. Но со временем они начинают сжиматься и всё больше нагреваются, пока не израсходуют весь запас водородного топлива. После этого они постепенно превращаются в голубые карлики, затем — в белые с гелиевым ядром, а потом — в холодные и безжизненные черные карлики.

**Средние звезды**

Звезды примерно той же массы, что и Солнце, живут от нескольких миллиардов до десятков миллиардов лет. К концу жизни они превращаются в красные гиганты, после чего спокойно умирают: внешние слои разрушаются и формируют облако вещества, которое называется планетарной туманностью.

Красный сверхгигант Бетельгейзе может взорваться сверхновой в ближайшие 100 тыс. лет.

**Массивные звезды**

Звезды с самой высокой массой — более чем в восемь раз превышающей массу Солнца — обладают очень короткой жизнью, которая длится не более нескольких сотен миллионов лет. Обычно это белые или голубые звезды, которые со временем краснеют и умирают эффектнее всех прочих.

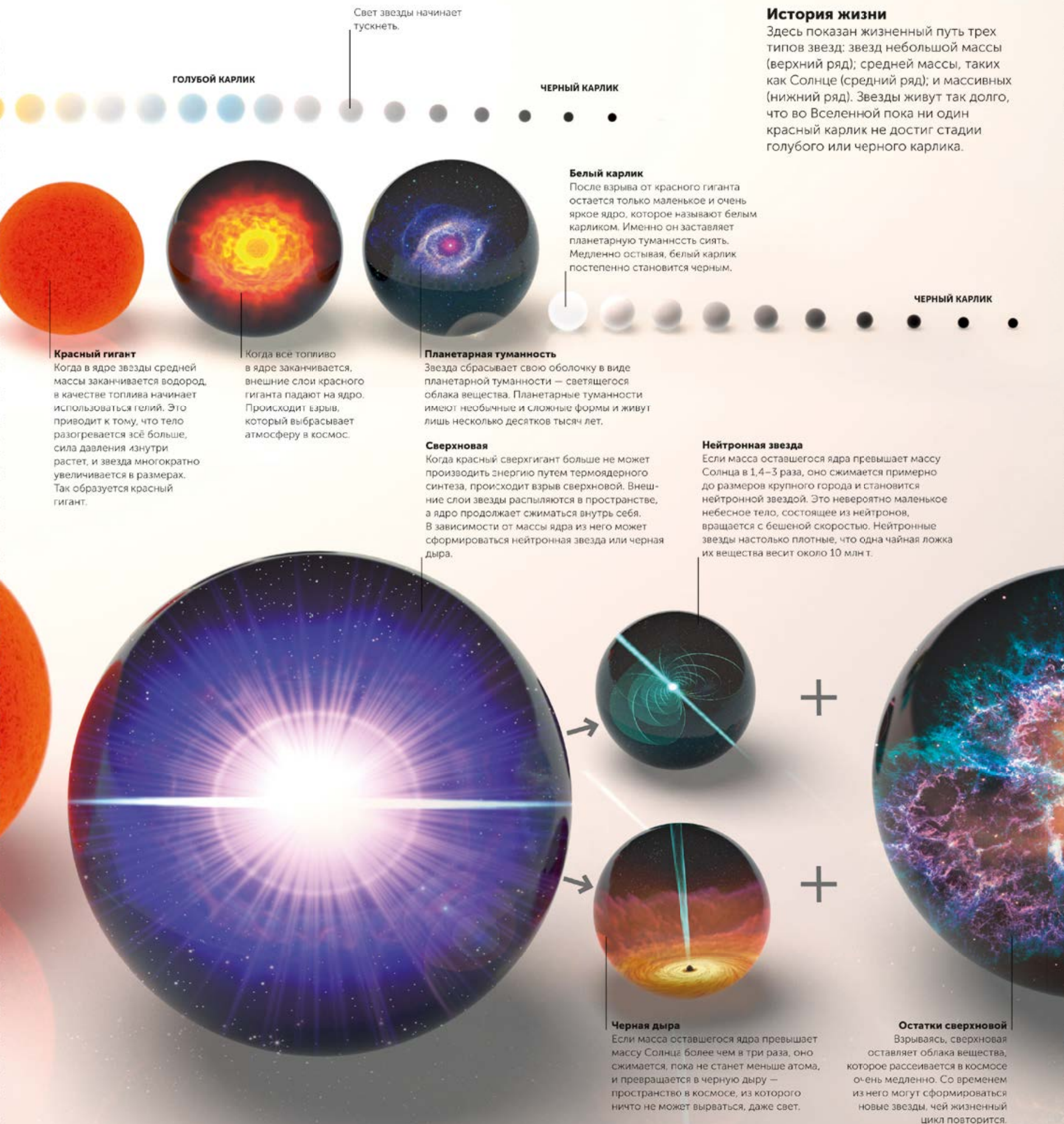
**Красный сверхгигант**

После истощения водорода в ядре у массивной звезды возникают условия для производства энергии при слиянии атомов гелия. Когда гелий заканчивается, начинают создаваться все более тяжелые элементы, вплоть до железа. Параллельно этому процессу происходит увеличение звезды в размерах: она превращается в красный сверхгигант. Со временем ядро становится железным и больше не может гореть, чтобы уравновесить направленную внутрь силу тяготения. Тогда звезда резко сжимается и взрывается сверхновой.

Жизнь и смерть звезд

Звезды, как и всё в нашем мире, рождаются и умирают. Несмотря на наличие некоторых белых пятен, общая картина жизненного цикла звезды давно известна людям.

Масса играет решающую роль в судьбе звезды. От нее зависит, какой путь ждет звезду: станет ли она карликом, обычной звездой или гигантом. Если масса слишком мала, то протозвезда не сможет поддерживать термоядерную реакцию в ядре и стать звездой; такие небесные тела называют субзвездами, или коричневыми карликами. Однако масса предопределяет судьбу звезды не полностью: на эволюцию могут влиять скорость вращения или взаимодействие с другими телами.



ГОЛУБОЙ КАРЛИК

ЧЕРНЫЙ КАРЛИК

Свет звезды начинает тускнеть.

История жизни

Здесь показан жизненный путь трех типов звезд: звезд небольшой массы (верхний ряд); средней массы, таких как Солнце (средний ряд); и массивных (нижний ряд). Звезды живут так долго, что во Вселенной пока ни один красный карлик не достиг стадии голубого или черного карлика.

Красный гигант

Когда в ядре звезды средней массы заканчивается водород, в качестве топлива начинает использоваться гелий. Это приводит к тому, что тело разогревается всё больше, сила давления изнутри растет, и звезда многократно увеличивается в размерах. Так образуется красный гигант.

Когда все топливо в ядре заканчивается, внешние слои красного гиганта падают на ядро. Происходит взрыв, который выбрасывает атмосферу в космос.

Планетарная туманность

Звезда сбрасывает свою оболочку в виде планетарной туманности — светящегося облака вещества. Планетарные туманности имеют необычные и сложные формы и живут лишь несколько десятков тысяч лет.

Сверхновая

Когда красный сверхгигант больше не может производить энергию путем термоядерного синтеза, происходит взрыв сверхновой. Внешние слои звезды распыляются в пространстве, а ядро продолжает сжиматься внутри себя. В зависимости от массы ядра из него может сформироваться нейтронная звезда или черная дыра.

Белый карлик

После взрыва от красного гиганта остается только маленькое и очень яркое ядро, которое называют белым карликом. Именно он заставляет планетарную туманность сиять. Медленно остывая, белый карлик постепенно становится черным.

ЧЕРНЫЙ КАРЛИК

Нейтронная звезда

Если масса оставшегося ядра превышает массу Солнца в 1,4–3 раза, оно сжимается примерно до размеров крупного города и становится нейтронной звездой. Это невероятно маленькое небесное тело, состоящее из нейтронов, вращается с бешеной скоростью. Нейтронные звезды настолько плотные, что одна чайная ложка их вещества весит около 10 млн т.

Черная дыра

Если масса оставшегося ядра превышает массу Солнца более чем в три раза, оно сжимается, пока не станет меньше атома, и превращается в черную дыру — пространство в космосе, из которого ничто не может вырваться, даже свет.

Остатки сверхновой

Взрываясь, сверхновая оставляет облака вещества, которое рассеивается в космосе очень медленно. Со временем из него могут сформироваться новые звезды, чей жизненный цикл повторится.