

КАК ПОСТРОИТЬ ПЛАНЕТУ

Постепенно мы узнаем всё больше о планетах из самых удаленных уголков нашей Галактики, и Говерт Шиллинг решил составить рецепт создания обитаемых миров.

ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ системы — упорядоченная группа. Они движутся в одной и той же плоскости и обращаются вокруг Солнца в одном направлении. В середине XVIII века немецкий философ Иммануил Кант сформулировал очевидный вывод: планеты, скорее всего, сформировались из вращающегося чечевицеобразного газово-пылевого облака, вещество которого окружало новорожденное Солнце. Сего дня астрономы знают, что подобные протопланетные диски широко распространены. Более того, сотни найденных экзопланет — планет, обращающихся вокруг других звезд, — позволяют нам понять историю раннего периода образования Солнечной системы. Так что же мы знаем о рождении планет? Насколько просто построить обитаемый мир, такой как наша Земля? ➔



Смотрите на Би-би-си цикл фильмов «Как построить планету» с Ричардом Хаммондом



СОЖМИТЕ ОБЛАКО

Для того чтобы построить планету, нам нужно сначала создать звезду. Это просто, так как гравитация сделает за нас большую часть работы. Возьмем обширное облако холодного молекулярного газа с вкраплениями космической пыли. Любой состав (химический) подойдет. Затем позволим природе сделать ее работу. Облако сжимается (коллапсирует) под воздействием гравитации, собираясь в скопления меньшего размера — примерно так, как в вашем доме пыль собирается под кроватью. Сохранение момента импульса (вспомните фигуристов, которые начинают крутиться быстрее, прижав к груди руки) и центробежная сила (представьте себе вращающееся на веревочке ведерко с водой) превращают каждое мини-облако в сплюснутый крутящийся диск, окружающий зарождающееся солнце. Вот и пожалуйста: ваш протопланетный диск готов.

Впрочем, орбитальный телескоп «Хаббл» заставляет ученых иначе оценивать условия внутри систем, при которых возможно формирование планет. Совсем недавно, в этом году, телескоп обнаружил планету, обращающуюся на расстоянии 12 млрд км от своей родительской звезды. Это в два раза дальше среднего расстояния между Плутоном и нашим Солнцем.

ЗАЩИТИТЕ НЕЖНЫЕ ДИСКИ



Звездные ветры создали туманность Розетка

Молодые протопланетные диски очень уязвимы. Не позволяйте им разрушиться, если хотите, чтобы они произвели на свет планеты! В соответствии с недавними наблюдениями, полученными с космических телескопов, работающих в инфракрасном диапазоне, такое легко может произойти в переполненных «звездных яслях», например в Большой туманности Ориона. Новорожденные крошечные звезды выдают

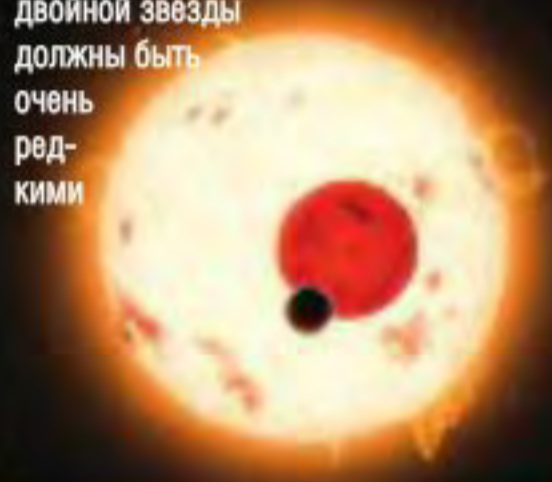
интенсивные потоки ультрафиолетового излучения и порождают звездный ветер (истечение плазмы). Этот ветер может образовывать полости в облаках, разрушая всё на своем пути, включая формирующиеся планетные диски вокруг звезд с небольшой массой.

«Хаббл» выдает данные, вынуждающие ученых иначе оценивать условия, при которых возможно формирование планет

В конце концов, не так уж много вещества находится в этих дисках. Обычно они содержат лишь несколько процентов от массы своей звезды. Так что держитесь подальше от космических катаклизмов! Спокойная окружающая среда — именно то, что вам нужно.

ОСТЕРЕГАЙТЕСЬ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

Планеты в системе двойной звезды должны быть очень редкими



Двойные звезды — убийцы планет. Правда, космический телескоп NASA «Кеплер» недавно открыл очередную «планету Татуин» с двумя солнцами в небе, как и у родной планеты Люка Скайуокера из «Звездных войн».

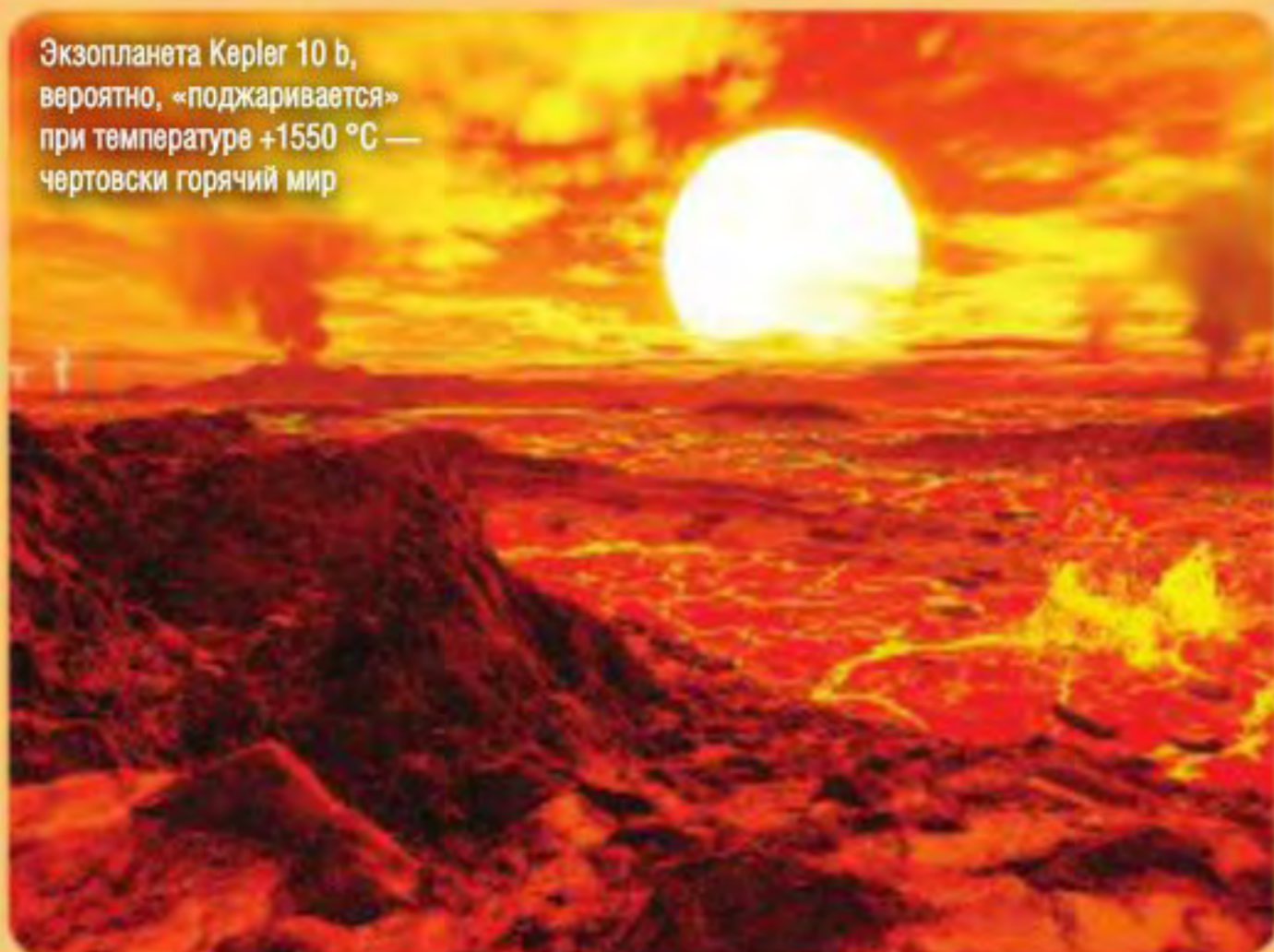
Но, несмотря на то что двойные звезды очень часто встречаются в Млечном Пути, выводы, полученные в результате компьютерного моделирования, свидетельствуют в пользу чрезвычайной редкости рождения планет в двойных и кратных звездных системах. «Парные звезды могут разрушать протопланетные диски из-за гравитационного дисбаланса», — подчеркивает Димитар Сасселов (Dimitar Sasselov) из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра в Кембридже (США).

Другими словами, пара звезд — источник нестабильности, а лучшие родители — одиночные звезды, такие как наше Солнце.

ЗООПАРК ПЛАНЕТ

Планеты могут быть самыми разнообразными по своим размерам и составу. И это имеет решающее значение для зарождения на них жизни.

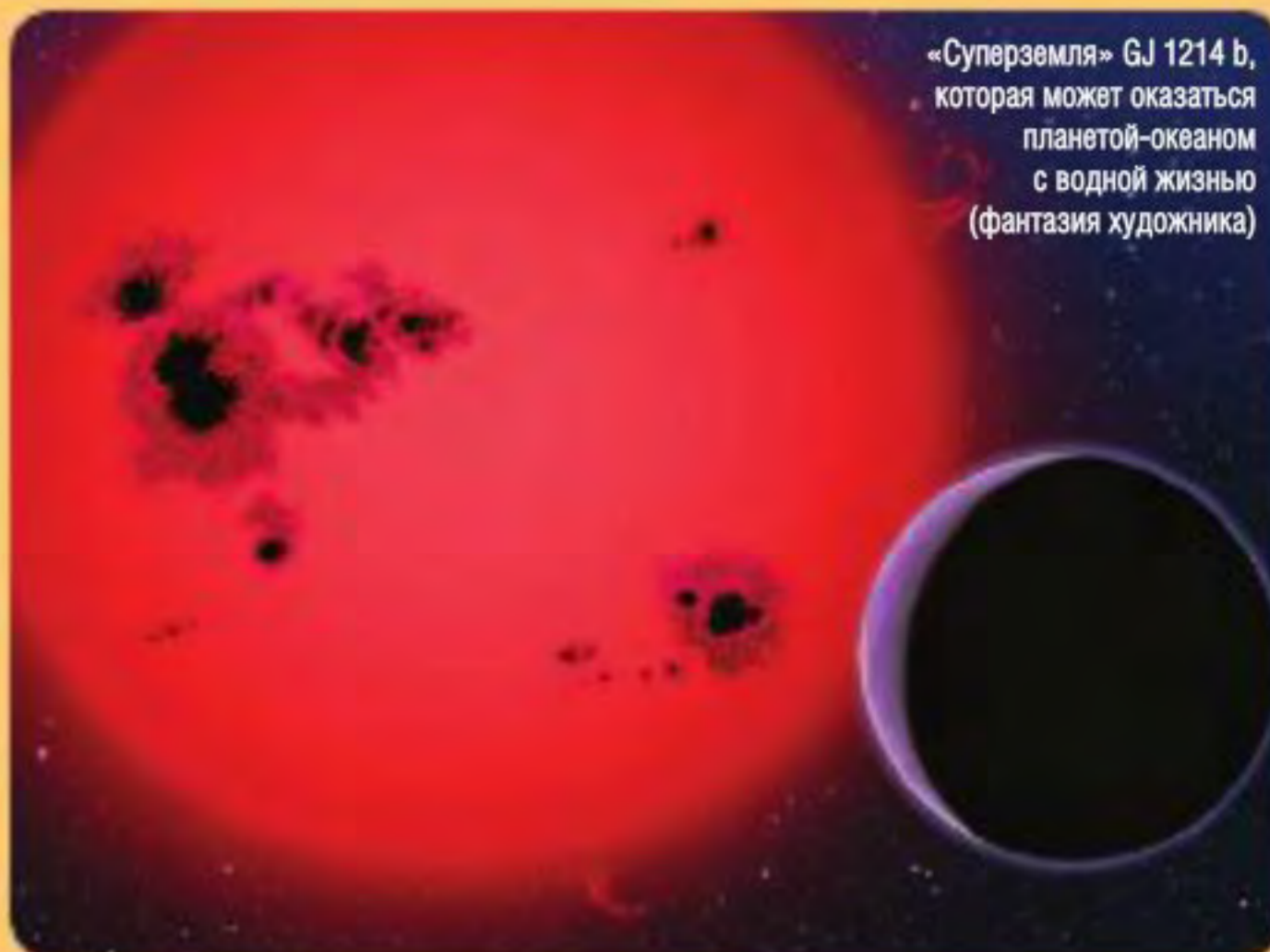
Экзопланета Kepler 10 b, вероятно, «поджаривается» при температуре +1550 °C — чертовски горячий мир



РАСПЛАВЛЕННАЯ МАНТИЯ

Внесолнечная планета Kepler 10 b, об открытии которой сообщили в 2011 году, — первая «землеподобная» планета, найденная «Кеплером». По своим размерам она всего лишь на 40% превосходит нашу родную планету. Исходя из ее высокой плотности, астрономы сделали вывод о том, что в составе пород там много железа. Находясь на расстоянии 2,5 млн км от своей солнцеподобной родительской звезды, эта планета, должно быть, просто «поджаривается» при температуре +1550 °C, и ее адски горячая поверхность представляет собой океан расплавленной лавы.

«Суперземля» GJ 1214 b, которая может оказаться планетой-океаном с водной жизнью (фантазия художника)



ВОДНЫЙ МИР

GJ 1214 b (Gliese 1214 b) в 2,7 раза больше Земли, однако ее плотность гораздо ниже. Со средней плотностью менее 2 г/см³, скорее всего, окажется водным миром с относительно маленьким каменным ядром, окруженным толстой мантией, состоящей из воды, и такой же толщины атмосферой из водяного пара. Несмотря на высокую температуру поверхности (около +200 °C), этот «раздетый» мини-нептун потенциально может быть колыбелью для простых водных форм жизни.

Голубая газовая планета-гигант, обнаруженная телескопом «Хаббл», может выглядеть примерно так



ГОРЯЧИЙ ЮПИТЕР

Экзопланета HD 189733 b — «горячий юпитер», совершающий один оборот вокруг яркой звезды за 2,2 дня. Это одна из самых многообещающих экзопланет, изученных на настоящий момент: астрономы нашли в ее атмосфере воду, водяной пар, кислород, метан и углекислый газ. Недавние наблюдения с телескопа «Хаббл» показали, что лазурный цвет планеты обусловлен частичками силикатов в атмосфере, рассеивающими видимый свет в синей части спектра. Между тем интенсивное излучение звезды вызывает медленное испарение планеты-гиганта: каждую секунду она теряет около 10 тыс. тонн газа.

Яркое сияние вокруг полюса планеты PSR 1257+12 b объясняется тем, что она купается в рентгеновских лучах и потоках заряженных частиц от родительского пульсара

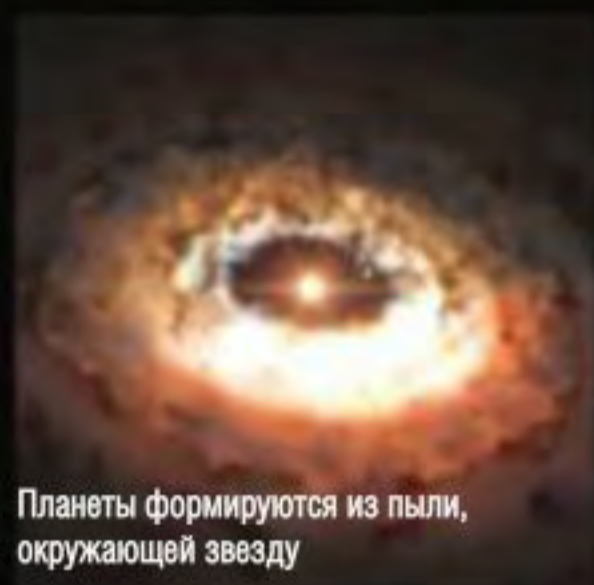


ИЗРЫТАЯ ПУСТЫНЯ

PSR 1257+12 b — странное создание. Это одна из трех или четырех планет, облетающих пульсар — маленький плотный остаток массивной звезды, возникший после вспышки сверхновой. Планеты возле пульсаров могут формироваться уже после катаклизма. Им не позавидуешь — постоянная бомбардировка высокоэнергетичными рентгеновскими лучами пульсара приводит к тому, что ни одна живая клетка выжить не может, так что жизни в привычном нам виде там, скорее всего, нет.

ДОБАВЬТЕ ТВЕРДОСТИ

Чтобы началось формирование планеты, ваш диск должен содержать твердые частицы, которые смогут слипаться вместе: микроскопические кварцевые и железные пылинки либо замерзшие кристаллы воды, метана или аммиака. Чем больше элементов тяжелее водорода и гелия будет в диске, тем лучше будут расти планеты «земной группы». Около звезды частицы собираются в пылевые гранулы, комочки, глыбы, планетезимали и твердые планеты. На окраинах звездной системы из льда вырастают кометы и ядра планет, притягивающих обширные газовые оболочки из вещества первоначального диска, чтобы стать планетами-гигантами типа Юпитера. Просто взболтайте и ждите.



Планеты формируются из пыли, окружающей звезду

ПОЙМАЙТЕ ПЫЛЬ

Согласно моделям, частицы пыли миллиметровых размеров тормозятся газом, содержащимся в диске, и движутся по спирали внутрь. Но если нужно, чтобы частицы пыли собрались в глыбы, что-то должно их уловить. К счастью, наблюдения с помощью Атакамского комплекса радиотелескопов ALMA (Atacama Large Millimetre/Submillimetre Array) в Чили выявили существование таких «ловушек» в диске звезды возрастом 15 млн лет.

Наличие «ловушек» может объясняться разницей в плотности газов.



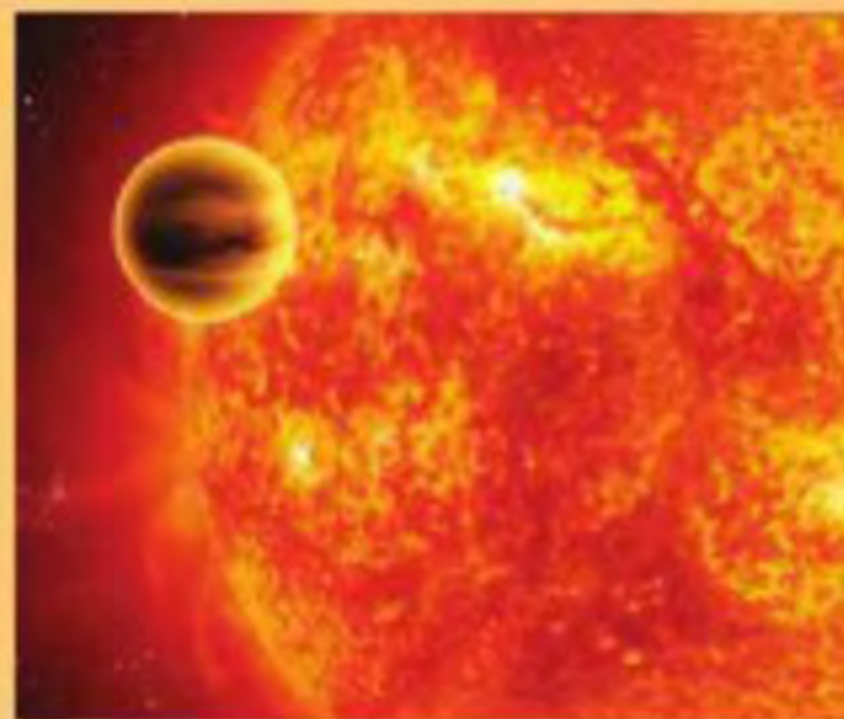
ПОИСК ПЛАНЕТ — ИСТОРИЯ СЮРПРИЗОВ

Сравнительно короткая история поиска планет полна неожиданностей. Всё это зачастую приводило нас к ложным заключениям касательно того, как образовались эти миры. Вот три открытия, которые перевернули наши представления о планетах.



«ГОРЯЧИЕ ЮПИТЕРЫ»

Первые найденные экзопланеты сильно отличались от планет Солнечной системы. Они были огромны, как Юпитер, но вращались вокруг своей звезды на расстоянии всего нескольких миллионов километров. Обычное ли это явление? Конечно нет. «Горячие юпитеры» весьма редки, но так как они вызывают наиболее заметные возмущения в движении своей звезды, то и выделяются, как больные места на теле. Предполагается, что в реальности количество «каменистых» планет превышает количество «горячих юпитеров».



ТЯЖЕЛЫЙ МЕТАЛЛ

Десятилетие назад казалось, что звезды с относительно высоким содержанием «металлов» (астрономический термин для элементов тяжелее водорода и гелия) с большей вероятностью будут иметь свиту из планет. Такая связь — когда богатая металлами звезда имеет настолько же богатый металлами протопланетный диск — характерна для звезд, у которых образуются «горячие юпитеры». Но астрономы уже знают, что планеты существуют в реальности у звезд с самым разнообразным составом.



СОЛНЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Пока не было найдено ни одной инозвездной системы, которая в точности бы походила на нашу Солнечную. Но это вовсе не свидетельствует о том, что мы совершенно уникальны во Вселенной. Системы с маленькими планетами во внутренних регионах и с газовыми гигантами во внешней части исключительно сложно находить с помощью тех методов, что доступны нам сегодня. Однако могут быть миллионы таких систем, еще ждущих своего открытия при помощи новых поколений космических телескопов.



Частицам пыли могут потребоваться сотни тысяч лет, чтобы начать слипаться вместе в большие объекты вокруг звезды

Планеты могут быть разрушены газовыми гигантами, двигающимися по направлению к звезде



небольшая каменная планета остаться после того, как ее орбиту пересечет планета-гигант? Сасселов это вполне допускает. Ведь миграция происходит на протяжении миллионов лет и небольшие планеты могут сформироваться в оставшемся диске уже после того, как планеты-гиганты прошли мимо. Более того, «горячие юпитеры» могут быть большой редкостью. К тому же может существовать групповая миграция, приводящая к формированию небольших, компактных многопланетных систем, как та, что обращается возле Kepler 11 и Gliese 667.

Чтобы вода оставалась в жидком состоянии, планета должна находиться на определенном расстоянии от своей звезды



«Для миров размером с Землю астрономы не знают соотношения числа планет с низкой и высокой плотностью», — поясняет Сасселов. Чтобы это выяснить, нужно измерить их массы, что сложно. «Но количество маленьких планет, особенно у красных карликов, куда выше, чем мы предполагали, — уточняет он. — Даже если большая часть из них окажется водными мирами, количество тех,

СПРАВЬТЕСЬ С МИГРАЦИЕЙ

Планеты-гиганты могут мигрировать к родительской звезде, во внутренние области своей системы, благодаря взаимодействию с оставшимся диском. В результате подобных событий и возникают «горячие юпитеры», которые обращаются вокруг родительских звезд на расстоянии всего лишь нескольких миллионов километров. Итак, вопрос: может ли

ПРОВЕРЬТЕ ВЫПЕЧКУ

Если вы преуспели в «приготовлении» планеты земного размера, удостоверьтесь, что получили именно то, что хотели. Вместо плотной планеты с массивным ядром из никеля и железа у вас может выйти водянистый мини-нептун с водородной «курткой», сдернутой после миграции к родительской звезде.

С МЫСЛЬЮ О БУДУЩЕМ



Димитар Сасселов, глава проекта «Происхождение жизни» из Гарварда (США), размышляет, какие открытия могут быть сделаны уже совсем скоро.

ОСНОВНАЯ ИДЕЯ Канта, что планеты формируются в околозвездных дисках, подтвердилась. «Мы столкнулись с массой неожиданно-стей, — отмечает Сасселов. — Но представление о диске в итоге все-таки оказалось господствующей теорией, хотя могло быть отброшено в сторону». Мы знаем, что основная модель формирования планет-гигантов — это модель аккреции на ядро. Частицы небольших размеров первоначально собираются в ледяные планетарные ядра, которые потом притягивают огромные объемы газа, чтобы сформировать миры, похожие на Юпитер. Альтернативная модель неустойчивости прото-

планетного диска, где к рождению планеты приводят неоднородности в плотности газа, также представляется весьма перспективной.

На многие вопросы о формировании планет по-прежнему нет ответа. Так, никто не знает минимальную величину критической массы, которой достигает ядро планеты, прежде чем вырасти в полноценный газовый гигант. Существование планет-гигантов на дальних расстояниях от родительских звезд, таких как в системе HR 8799, также труднообъяснимо.

«Мы теперь знаем, что планеты легко построить. Но есть много интересных вещей, над которыми можно работать», — говорит Сасселов.

На многие вопросы о формировании планет по-прежнему нет ответа

Планете нужно тепло, чтобы зародилась жизнь



что подобны Земле, всё равно должно быть огромным».

БЕРЕГИТЕ ТЕПЛО

При благоприятном стечении обстоятельств планета окажется в «зоне обитаемости» родительской звезды — области, где температуры подходят для существования жидкой воды в открытых водоемах. Для красных карликов (у которых, по данным «Кеплера», достаточно большое количество планет) эта комфортная область ближе к звезде, нежели для более горячих звезд, таких как наше Солнце. Если вам удалось вырастить здесь планету, подобную Земле, то потом газы, вышедшие из пород, создадут атмосферу, и вода прольется дождем на поверхность. Теперь всё, что вам нужно делать, — это сидеть и ждать, пока сложные органические молекулы не упадут из космоса (возможно, вместе с метеоритами) и не возникнет жизнь. Если ваша планета обращается вокруг звезды типа Солнца, но за пределами зоны обитаемости, не паникуйте. Всего через несколько миллиардов лет звезда разогреется — и ваша планета оттаяет. ■

ГОВЕРТ ШИЛЛИНГ (Govert Schilling) — журналист, популяризатор астрономии. Астероид 10896 Говерт назван в его честь