

развить, насколько возможно, высокие скорости, двигатель должен быть постоянно включенным.

Из формулы (69) следует, что, доведя отношение  $M_0/M$  до 200, можно с постоянно включенным, поставленным только на ускорение двигателем достичь звезды Капеллы, удаленной приблизительно на 14 пс.

Но если бы мы хотели, не включая двигателя, разогнавшись полпути и полпути замедляя полет, долететь до Капеллы, повернуть обратно и возвратиться на Землю, то пришлось бы затратить столько энергии, что отношение  $M_0/M$  потребовалось бы довести до  $10^8$ , что, конечно, невысказимо даже для техники будущего.

Точно так же весьма мало вероятна возможность простого достижения (без возвращения) человеком других галактик. При путешествии с постоянно включенным двигателем, чтобы покрыть расстояние до Магеллановых Облаков, нужно, чтобы  $M_0/M$  было равно  $6 \cdot 10^5$ .

Рассуждения и подсчеты, проведенные в этой главе, привели нас к следующим выводам: 1) соотношение двух факторов — длительности жизни и способности переносить ускорение, у человека таково, что он в принципе мог бы совершить путешествие до любых, даже самых отдаленных из наблюдаемых тел Вселенной; 2) технические, энергетические ограничения резко сужают возможности человека. Даже использование в будущем фотонной ракеты с очень большим отношением начальной и конечной масс позволит совершать полеты с возвращением только до нескольких самых близких звезд. Расстояния в несколько десятков парсек могут быть доступны при отношениях  $M_0/M$  порядка нескольких сотен. Однако это могут быть лишь полеты без возвращения; 3) достижение других галактик никогда не будет доступно человеку.

### **Насколько распространены во Вселенной условия, благоприятные для возникновения жизни!**

Мы переходим к вопросу очень деликатному, не допускающему еще в наше время категорических суждений. Удивляют и те исследователи, которые совершенно уверены в том, что единственным пристанищем жизни во Вселенной является Земля, и те, которые категорически утверждают, что жизнь вне Земли существует и, более того, что она очень распространена, соседствует чуть ли не с каждой звездой.

Удивительна не крайность каждой из этих точек зрения. Наоборот, было бы неправильным заранее исключать любую из них. Удивляет допускаемая при этом категоричность суждения. Подобная категоричность могла быть уместна во времена античного мира или средневековья, когда при решении трудных вопросов науку заменяла натурфилософия или даже схоластика. Но в наше время, время научных доказательств, нужно признать, что уверенного ответа на вопрос о многочисленности обитаемых миров наука еще дать не смогла. Быть может, именно потому, что наука приближается к разрешению этого мучающего каждого любознательного человека вопроса, недопустимы попытки выносить категорические заключения на основании рассуждений, очень напоминающих времена господства натурфилософии.

Для разрешения вопроса о многочисленности обитаемых миров нужно либо изобрести наблюдательные средства, позволяющие произвести непосредственную проверку существования жизни в различных местах Вселенной, либо суметь сначала ответить на следующие вопросы: 1) Насколько часто встречаются во Вселенной условия, допускающие возникновение и развитие форм жизни, наблюдаемых на Земле? 2) Влечет ли за собой создание таких условий обязательное возникновение и развитие жизни? Сколько для этого требуется времени? 3) Могут ли существовать формы жизни, отличные от наблюдаемых на Земле, требующие иных условий, и насколько часто во Вселенной встречаются эти условия? Сколько требуется времени для возникновения таких форм жизни?

Для того, чтобы судить о существовании других миров, населенных разумными существами, нужно еще ответить на вопрос: 4) Всегда ли эволюция жизни приводит к появлению разумных существ и как велик период требуемого для этого времени?

Попытки ответить на первый вопрос делались неоднократно. Например, известный американский исследователь шаровых звездных скоплений и галактик Х. Шепли в книге «Звезды и люди» (переведенной на русский язык), произвел расчет следующим образом. Он постулировал, что: 1) жизнь может развиваться только на планетах, 2) устойчивые планетные системы могут иметь только одиночные (не двойные и не кратные) звезды, 3) только небольшая доля одиночных звезд эволюциони-

рвала так, что при этом образовались планетные системы, 4) жизнь может развиваться только на планетах с орбитами, близкими к круговым, чтобы на поверхности планет была более или менее постоянная температура, 5) жизнь может развиваться только на планете с надлежащим расстоянием от звезды, чтобы температура на поверхности планеты была допустимой, 6) для жизни необходима вода, а потому обитаемая планета должна быть достаточно массивной, чтобы долгое время удерживать свою атмосферу и гидросферу (океаны и моря), 7) атмосфера и гидросфера не должны содержать ядовитых для жизни веществ.

Рассматривая вероятность выполнения каждого из перечисленных условий, Шепли в конце концов приходит к следующей приблизительной оценке: у одной из миллиона звезд есть планета с условиями, благоприятными для развития жизни. Следовательно, в Галактике должно быть около ста тысяч обитаемых планет.

Основное затруднение при выполнении подобных расчетов состоит в том, что о вероятности соблюдения каждого из семи условий Шепли можно судить очень приблизительно, на основании весьма смутных соображений. Поэтому в зависимости от оптимизма или пессимизма выполняющего расчет автора можно тем же методом прийти и к выводу, что каждая вторая звезда имеет около себя условия, благоприятные для развития жизни, и к выводу, что в Галактике имеется только одна годная для обитания планета — наша Земля.

Наиболее важную роль в этом подсчете играет оценка доли звезд, около которых имеются планетные системы. Если бы мы точно знали, как образуются планеты, то не трудно было бы оценить, какая часть звезд образовала около себя планетную систему. Однако, несмотря на большое число космогонических гипотез, выдвинутых для объяснения происхождения планет, в настоящее время положение таково, что на одной из них твердо основываться нельзя. Между тем, если, например, брать за основу гипотезу Канта — Лапласа, то планетные системы должны быть весьма распространены, а если следовать гипотезе Джинса, то чрезвычайно редки.

Более перспективны попытки выяснить, имеются ли около звезд планеты, при помощи наблюдений. Речь не может идти о непосредственном наблюдении самих планет. Если бы, например, около ближайшей к нам звез-

ды  $\alpha$  Центавра, которая, как мы уже указывали, физически весьма сходна с Солнцем, имелась бы планета, подобная Юпитеру, находящаяся на том же расстоянии от звезды, то легко подсчитать, что эта планета должна была бы наблюдаться как объект 23-й звездной величины. В настоящее время столь слабые объекты в состоянии фотографировать только 6-метровый и 5-метровый телескопы. Но и при помощи этих телескопов не удалось бы в данном случае сфотографировать планету, так как она могла бы наблюдаться только очень близко от  $\alpha$  Центавра — яркой звезды, не далее 4" дуги от нее. Излучение звезды полностью забивало бы слабое излучение планеты.

Поэтому наблюдатели, ищущие планеты около других звезд, пошли иным путем. Они пытаются уловить небольшие смещения в положениях звезд, которые будут происходить, если около звезды обращается планета.

Неточны выражения «Юпитер обращается вокруг Солнца» и «один из компонентов двойной звезды обращается вокруг другого компонента». На самом деле Солнце и Юпитер обращаются вокруг их общего центра инерции. Но так как масса Солнца в 1048 раз больше массы Юпитера, общий центр инерции во столько же раз ближе к центру Солнца, чем к центру Юпитера, и во столько же раз радиус орбиты, по которой Солнце движется около общего центра инерции, меньше радиуса орбиты Юпитера. Подсчет показывает, что центр инерции системы Солнце — Юпитер находится на расстоянии 740 тыс. км от центра Солнца, т. е. располагается вне Солнца вблизи его поверхности (радиус Солнца 695 тыс. км). Таким образом, астроном с какой-нибудь звезды должен наблюдать каждые 5,9 лет, равные полупериоду обращения Юпитера, смещение Солнца на величину  $740 \text{ тыс. км} \times 2 = 1,48 \text{ млн. км}$ .

Если бы около звезды  $\alpha$  Центавра была такая же планета, как Юпитер, и на том же удалении, то при наблюдении с Земли угловое смещение звезды, вызываемое движением планеты, составляло бы 0,008 секунды дуги. Мы видим, что это смещение ничтожно мало. Оно почти неуловимо при современных методах измерений положений звезд, так как в наиболее точных современных наблюдениях ошибки измерений сравнимы с этой величиной угла. Однако если измерение положений звезд производить многократно и в течение многих десятков

лет, то смещение, которое носит периодический характер, можно выявить с большей уверенностью. Кроме того, высокая точность измерений достигается, если наблюдаемая звезда двойная и около одного из компонентов подозревается невидимый спутник. Тогда движение невидимого спутника будет влиять на изменение расстояния между двумя компонентами двойной звезды, а измерять угловое расстояние между двумя сравнительно близкими друг к другу звездами можно значительно точнее, чем определять положение отдельной звезды. Поэтому в настоящее время невидимые спутники обычно «ищут» около компонентов близких к нам двойных звезд.

Несмотря на использование астрономами-наблюдателями всех имеющихся сейчас возможностей повышения точности наблюдений, данные о невидимых спутниках звезд остаются все еще недостаточно надежными. Это, и понятно: ведь  $\alpha$  Центавра ближайшая звезда, у других звезд при аналогичных условиях смещение будет меньше, чем 0,008 секунды дуги. Кроме того, если около звезды действительно есть темный спутник — планета, то, скорее всего, он не один, должна быть планетная система. В таком случае смещение звезды будет носить менее регулярный характер, так как лишь главная его часть будет определяться наиболее массивной планетой (точнее, главное смещение будет происходить от планеты, у которой наибольшее произведение массы на радиус орбиты). Влияние других планет будет нарушать регулярность смещения. Например, в Солнечной системе наряду с влиянием Юпитера нужно учитывать влияние Сатурна, Нептуна и, в меньшей мере, других планет. В результате Солнце движется довольно сложным образом около центра инерции всей Солнечной системы, а чем менее регулярно движение, тем труднее его выявить.

Впервые существование невидимого спутника было заподозрено около яркого компонента двойной звезды  $\sigma$  Эридана шведским астрономом Хольмбергом в 1938 г. В наши дни у 11 звезд обнаружены смещения, позволяющие думать, что около них обращаются тела, которые пока наблюдать нельзя. Их список приводится в табл. 29.

Как показывает таблица, массы тел, существование которых заподозрено, значительно превосходят массы планет Солнечной системы. Ведь масса Юпитера равна только 0,00096 массы Солнца.

Возникает вопрос, что это за тела — массивные планеты или маленькие звезды. Имеют ли они холодную поверхность или это раскаленные газовые шары? В отношении четырех из них, темных спутников  $\zeta$  Рака,  $\mu$  Дракона,  $\zeta$  Водолея и  $\zeta$  Волопаса, массы которых равны 0,9, 0,6,

Т а б л и ц а 29. Данные о невидимых спутниках звезд

Название звезд	Расстояние до звезды, пс	Масса спутника в единицах солнечной массы	Радиус орбиты спутника, а. е.	Период обращения в годах
$\eta$ Кассиопеи	5,5	0,01	10,4	24
$\sigma$ Эридана	5,0	0,03	2,0	3,0
$\zeta$ Рака	25,6	0,90	5,3	17,5
BD+20°2465	4,8	0,03	17,7	26,5
Wolf 358	7,2	0,05	6,2	3,8
Laland 21185	2,5	0,01	9,0	8,0
$\zeta$ Волопаса	6,9	0,1	1,4	2,2
$\mu$ Дракона	23,3	0,6	2,8	3,2
70 Змееносца	5,3	0,01	8,0	17,0
61 Лебеда	3,4	0,008	4,25	4,9
$\zeta$ Водолея	24	0,29	6,4	25
Cin 2347	8,1	0,02		
BD+68°946	4,8	0,026	5,65	24,5

0,29 и 0,1 массы Солнца соответственно, ответ ясен. Конечно, это звезды, по-видимому, белые карлики, раз масса довольно значительна, а светимость настолько мала, что несмотря на сравнительную близость их не удается наблюдать. К этим трем телам, следовательно, термин «темный спутник» не очень подходит.

У всех остальных невидимых спутников массы меньше, чем у звезд с самой малой известной массой. Звезда с наименьшей известной массой — 0,08 массы Солнца — это слабый компонент двойной звезды Ross 614. Интересно, что сначала существование этого компонента было заподозрено по наблюдаемым смещениям яркого компонента и до 1955 г. слабый компонент фигурировал в числе предполагаемых темных спутников звезд. Но в 1955 г. спутник Ross 614 был обнаружен на снимке, сделанном при помощи 5-метрового телескопа, и перешел, таким образом, в разряд наблюдаемых компонентов двойных звезд. По-видимому, и невидимый спутник Wolf 358 с массой 0,05 солнечной массы является звездой.

Серьезные надежды на обнаружение планет подают звезды  $\eta$  Кассиопеи, 70 Змееносца и 61 Лебеда. Массы их предполагаемых спутников примерно в 10 раз меньше, чем у звезды с наименьшей известной массой и примерно в 10 раз больше, чем у планеты с известной наибольшей массой (Юпитера).

Особенный интерес представляет невидимый спутник 61 Лебеда, имеющий наименьшую массу — 0,008 массы Солнца. Его существование было заподозрено астрономом Пулковской обсерватории А. Н. Дейчем, который в 1951 г., исследовав снимки, сделанные в период 1895—1940 гг., определил характеристики орбиты невидимого спутника и оценил его массу. В 1956 г. американский астроном Стрэнд также пришел к выводу о существовании невидимого спутника 61 Лебеда. Наконец, в 1957 г. А. Н. Дейч, используя дополнительные наблюдения, сделанные в Пулковской обсерватории и в обсерватории Спрул, подтвердил и уточнил полученные результаты.

До сих пор мы упоминали только о двойных звездах, у которых заподозрено существование темных спутников малых масс. Но есть и одиночная звезда — возможный обладатель планетной системы. Это звезда Барнарда, одна из ближайших к нам (ее расстояние 1,8 пс) и самая быстро перемещающаяся на небе звезда (ее собственное движение составляет 10,27 секунд дуги в год). Это звезда-карлик, светимость ее в 3000 раз меньше светимости Солнца, а масса составляет 0,15 солнечной массы. Американский астроном ван де Камп собрал имеющиеся наблюдения этой звезды с 1916 по 1978 год, в том числе выполненные им самим, обработал около 4000 тысяч снимков, определяющих ее положение среди других звезд, и обнаружил наличие неправильностей в ее собственном движении, вызываемых невидимыми спутниками. Нужно отметить, что именно благодаря своему очень большому собственному движению, а также благодаря весьма малой массе звезда Барнарда является наиболее благоприятным объектом среди одиночных звезд для обнаружения неправильностей в движении и, следовательно, выявления невидимых спутников. Анализируя результаты обработки данных, ван де Камп пришел к выводу, что неправильности движения звезды Барнарда вызываются двумя спутниками. Радиусы их орбит соответственно 2,7 и 3,8 астрономических единиц, периоды обращений около звезды 11,7 и 26 лет, а массы 0,0058 и 0,0030 сол-

печной массы. Следовательно, согласно ван де Кампу, массы спутников звезды Барнарда меньше массы Юпитера и составляют соответственно 0,8 и 0,4 его массы. Это должны быть подлинные планеты.

Работа ван де Кампа еще нуждается в дополнительной проверке и подтверждениях, и мы не будем слишком решительно на нее опираться. Но в сочетании с другими исследованиями невидимых спутников звезд ее результаты кажутся правдоподобными. А особое значение этой работе придает то обстоятельство, что звезда Барнарда — одиночная.

Во всех остальных случаях невидимые спутники заподозрены у двойных звезд. Выше мы объяснили это преимуществом, имеющимся при наблюдении двойных звезд: расстояния между компонентами двойных звезд измеряются точнее, чем положения одиночных звезд. Необходимо теперь задать вопрос: где (до обнаружения темных спутников) следовало скорее ожидать существование планет, около одиночной звезды или около компонента двойной звезды? Ответ должен быть в пользу одиночных звезд, так как в системе, содержащей две звезды, планетные орбиты должны быть неустойчивы. На планету, обращающуюся вокруг одного компонента двойной звезды, сильное влияние оказывает другой компонент; в результате планета может быть выброшена из системы в межзвездное пространство. Только в том случае, если радиус ее орбиты мал, ее движение будет устойчивым. В двойных звездах не может быть планетных систем, подобных нашей Солнечной системе. Поэтому особое значение имеет поиск невидимых спутников у одиночных звезд. На первых порах нужно дать хотя бы оценку числа таких одиночных звезд, которые могут иметь планетную систему, подобную Солнечной системе.

Для выяснения этого вопроса американские астрономы Абт и Леви отобрали среди звезд, наблюдаемых на северном небе невооруженным глазом, все звезды, близкие по своим физическим характеристикам к Солнцу, т. е. имеющие спектральный класс, близкий к G2, а абсолютную величину, близкую к  $+4^m,9$ . Таких звезд оказалось 123, и все они удалены от Солнца не более, чем на 20 пс. Из этих 123 звезд 23 являются компонентами визуальных двойных систем с хорошо определенными орбитами. Еще 25 являются компонентами широких пар, т. е. тоже фактически двойных систем, однако таких, у



которых радиусы орбит и, следовательно, периоды обращений весьма велики, за время наблюдений они успели пройти слишком малый путь по орбите, чтобы ее элементы могли быть надежно определены.

Среди рассмотренных звезд 21 также уже были известны как компоненты спектроскопических двойных.

Для остальных звезд, которые не были известны как компоненты двойных систем, Абт и Леви провели специальное исследование. При помощи 2,1-метрового телескопа обсерватории Китт Пик они получили для каждой звезды по 20 спектров, снятые в различные моменты времени. Так как звезды, видимые невооруженным глазом, яркие, линии в их спектрах получаются отчетливыми, даже небольшие периодические смещения их можно обнаружить и измерить. Выяснилось, что еще 25 из числа рассмотренных звезд являются спектроскопическими двойными. Смещения линий в их спектрах незначительны и ранее замечены не были, по-видимому, потому, что либо плоскости их орбит составляют малые углы с картинной плоскостью, либо масса слабого компонента мала.

Всего оказалось 88 звезд рассмотренного типа, являющихся компонентами систем. Это число меньше, чем сумма упомянутых чисел  $23 + 25 + 21 + 25$  потому, что в некоторых случаях звезда была компонентом спектроскопической двойной и одновременно спектроскопическая двойная являлась компонентом визуальной или широкой пары.

Из остающихся 45 звезд солнечного типа несколько могут быть все-таки компонентами спектроскопических двойных, нераспознанных вследствие совпадения их плоскости орбиты с картинной плоскостью или вследствие очень малой массы слабого компонента.

В итоге можно утверждать, что примерно треть всех звезд солнечного типа являются одиночными звездами. Скорее все они, или по крайней мере большинство из них, имеют планетные системы. Опыт науки показывает, что в неживой природе уникальные явления не встречаются. У большинства планет Солнечной системы имеются системы спутников. Предположение об уникальности колец Сатурна оказалось неверным. Космические аппараты «Вояджер» установили, что Юпитер также имеет систему колец. Кольца есть и у Урана. Не уникальна и вулканическая деятельность на Земле; в более широких масштабах она наблюдается на спутниках Юпитера.

Планетные системы около одиночных звезд в Галактике должны быть многочисленны. Не малым должно быть и число таких планет, условия на которых благоприятны для возникновения жизни. Означает ли это, что можно утверждать существование многочисленных обитаемых миров?

### **Всегда ли при наличии благоприятных условий возникает жизнь?**

Этот вопрос также играет важнейшую роль. Действительно, влечет ли создание благоприятных условий как обязательное следствие возникновение и развитие жизни? Пока мы знаем лишь, что на Земле это произошло. Благоприятные условия вызвали развитие жизни за срок меньший, чем прошло от формирования Земли и Солнца до наших дней. Так как законы природы универсальны, то можно утверждать, что всюду, где создаются благоприятные условия, жизнь должна возникнуть. Но этот ответ не является полным, пока не определено, как скоро это происходит, как скоро появляется жизнь после того как созданы благоприятные условия.

Возникновение жизни означает появление на данной планете хотя бы одного тела — организма, который должен отвечать весьма сложным требованиям. Поэтому само тело должно быть достаточно сложным, представлять собой надлежащим образом составившуюся комбинацию больших молекул. В неживой природе такая первая, надлежащим образом составившаяся комбинация может образоваться, конечно, лишь случайно. Это нужно понимать так, что среди различного рода комбинаций из сложных молекул одни (их огромное множество) будут далеки от требований, предъявляемых к живому организму, другие (их чрезвычайно мало в сравнении с первыми) будут обладать лишь частью нужных требований, а этого тоже недостаточно. Но в какой-то момент составится комбинация сложных молекул, отвечающая всем требованиям, предъявляемым к живому организму. Это и будет момент возникновения жизни.

Чем сложнее та комбинация молекул, которая может дать начало жизни, тем меньше вероятность составления такой комбинации, тем больше в среднем пройдет времени, прежде чем составится такая комбинация, появится жизнь. При этом среднее время, которое должно пройти