

## Глава 9

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОНОМИИ

- УСКОРЕННОЕ РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ
- ОБНАРУЖЕНИЕ ПЛАНЕТ ОКОЛО ДРУГИХ ЗВЁЗД
- ПОИСК ЖИЗНИ И РАЗУМА ВО ВСЕЛЕННОЙ



### ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО...

Вопрос о происхождении жизни, о её разумных формах волновал науку с античных времён. Римский философ Лукреций Кар (98–55 гг. до н.э.) в своей поэме «О природе вещей» писал: «Весь этот видимый мир вовсе не единственный в природе, и мы должны верить, что в других областях пространства имеются другие земли с другими людьми и другими животными».

## УСКОРЕННОЕ РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ

### ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как тёмная материя увеличивает массу Вселенной.
- Как открыли ускоренное расширение Вселенной.
- Какова природа силы всемирного отталкивания.

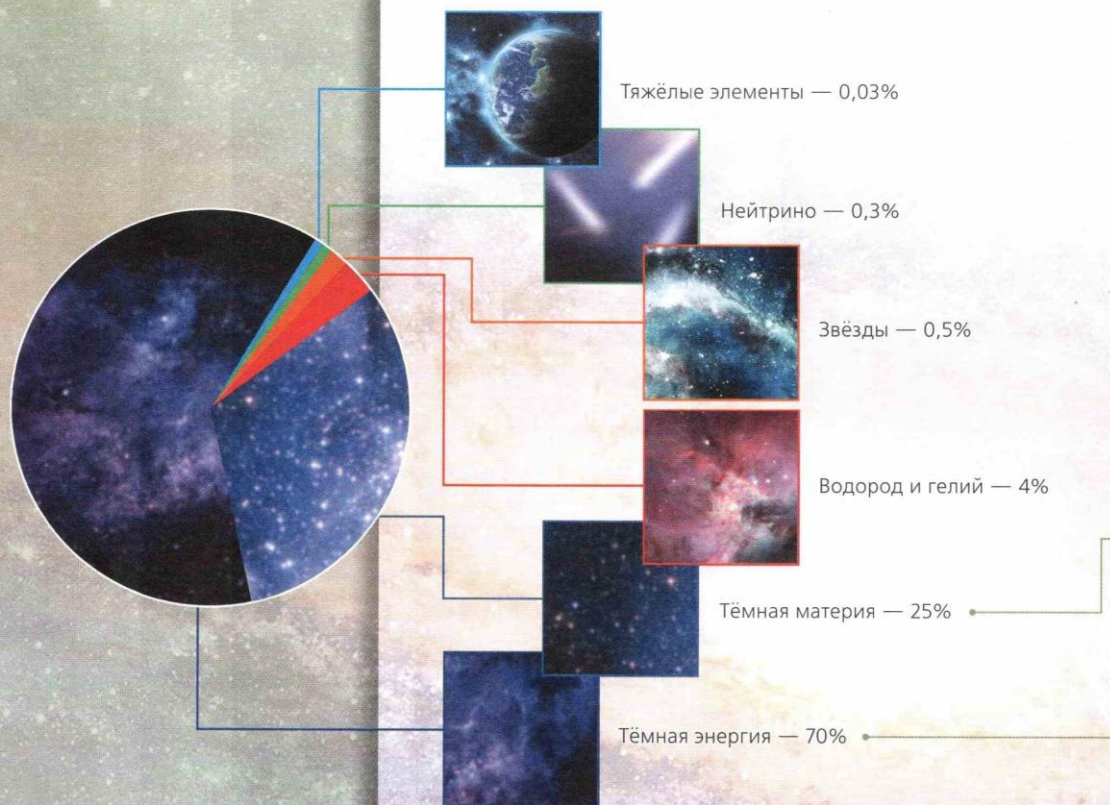
### ВСПОМНИТЕ:

- Какой закон описывает расширение Вселенной?

Исследуя собственное вращение галактик, астрономы обратили внимание на то, что скорости звёзд, расположенных на периферии галактик, и скорости спутников галактик заметно выше той, которую они имели бы, если бы всё вещество галактики было сосредоточено в звёздах, газе и пыли.

**ТЁМНАЯ МАТЕРИЯ** Наблюдения указывают на то, что в галактиках имеется не излучающая свет тёмная материя, которая по массе в несколько раз превышает суммарную массу всех звёзд. Это несветящееся вещество не участвует в электромагнитном взаимодействии, слабо проявляется в ядерном и слабом взаимодействиях, поэтому оно себя не обнаруживает. В основном оно участвует в гравитационном взаимодействии.

Природа этой материи пока не ясна, но она вносит основной вклад в массу галактик. Поэтому ранее приведённое значение средней плотности Вселенной нужно увеличить почти в три раза.



### УСКОРЕННОЕ РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ И ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Делать выводы о бесконечном расширении Вселенной пока преждевременно, так как ряд наблюдений указывают на существование во Вселенной более экзотической по свойствам тёмной материи, которая получила название *тёмной энергии*. По своей массе она превышает все другие формы материи и вносит основной вклад в расширение Вселенной.

Проявление тёмной энергии было обнаружено по наблюдениям вспышек сверхновых звёзд в очень далёких галактиках. Удалось независимо от метода измерения расстояния по красному смещению линий в спектрах далёких галактик и закону Хаббла определить расстояние до них. Оказалось, что это расстояние больше, чем даёт закон Хаббла. Отсюда следовало, что на таких расстояниях расширение происходит с ускорением, т. е. во Вселенной проявляется новая сила отталкивания, которая является определяющей в больших масштабах, а на малых расстояниях ею можно пренебречь. Природа тёмной энергии и связанная с ней сила отталкивания пока не известны. Так что, по мнению учёных, средняя плотность Вселенной равна критической плотности и основной вклад в неё вносит тёмная энергия.



Свойство тёмной энергии совершенно необычное, она проявляет себя только в гравитационном взаимодействии и не участвует в слабом ядерном и электромагнитном взаимодействиях. Она проявляет себя как сила отталкивания, пропорциональная расстоянию между телами. Плотность тёмной энергии постоянна во времени. Так как по мере расширения объём Вселенной увеличивается, то плотность обычной и тёмной материи уменьшается (масса этих видов материи не меняется). Поэтому начиная с определённого момента времени масса тёмной энергии будет превышать массу остальных видов материи и она будет оказывать основное влияние на гравитацию Вселенной. Наблюдения показали, что ускоренное расширение показывают галактики, которые находятся на расстоянии около 6 млрд св. лет от нас. Это означает, что тёмная материя и энергия стала преобладать над обычной материей, когда возраст Вселенной был около 7 млрд лет.

Тёмная материя не испускает электромагнитного излучения и потому не доступна для наблюдения. Её можно обнаружить только по её массе, т. е. гравитационному влиянию на другие объекты, в том числе и свет.

Тёмная энергия влияет на скорость расширения Вселенной.

### ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что такое тёмная материя и тёмная энергия?
- Полагая, что радиус Вселенной возрастает пропорционально времени, оцените, в какой момент времени от начала Вселенной в расширении стала преобладать тёмная энергия.

## ОБНАРУЖЕНИЕ ПЛАНЕТ ОКОЛО ДРУГИХ ЗВЁЗД

### ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Какие наблюдения указывали на существование невидимых спутников у звёзд.
- Какими методами можно обнаружить экзопланеты.
- Какие наблюдения указывали бы на существование жизни на поверхности экзопланет.

### ВСПОМНИТЕ:

- Какими методами проводятся астрономические наблюдения?

В начале XIX в., изучая собственное движение звёзд, астрономы обратили внимание на то, что движение Сириуса не было прямолинейным, он испытывал периодические отклонения от прямой траектории. Было предположение, что вокруг Сириуса вращается невидимая звезда, которая своим притяжением приводит к видимым колебаниям Сириуса.

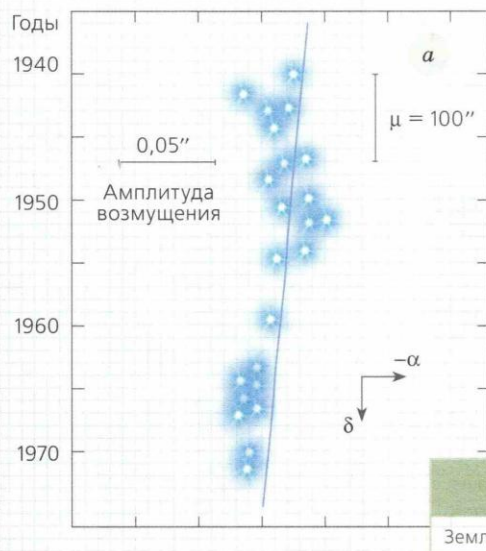
**НЕВИДИМЫЕ СПУТНИКИ ЗВЁЗД** Когда для наблюдений стали использовать более мощные телескопы, около Сириуса обнаружили слабую звезду — белый карлик. Это открытие подтолкнуло астрономов к более тщательному исследованию движений звёзд.

Рассмотрим схему наблюдаемого пути близкой к нам звезды Барнарда за 30 лет ( $a$ ). Сплошная линия — невозмущённое движение звезды на фоне далёких звёзд. Кружки показывают реальное возмущённое движение, вызванное тёмными спутниками.

Теоретический анализ движения показал существование вокруг неё трёх спутников. Первый находится на расстоянии 1,8 а.е., второй — 2,8 а.е., третий — 4,5 а.е. от звезды Барнарда, а их массы соответственно равны 1,3, 0,6, 0,7 массы Юпитера.

Возможно, вокруг звезды вращаются и менее массивные спутники с массами, сравнимыми с массой Земли, но их влияние на движение звезды настолько мало, что их трудно обнаружить.

### Потенциально обитаемые экзопланеты



Название планеты	Индекс подобия	Расстояние (св. лет)	Год открытия
Земля	1,00	0	—
Kepler-438b	0,90	470	2015
Проксима Центавра b	0,87	4,224	2016
Kepler-296e	0,85	1089,6	2014
KOI-3010.01	0,84	1213,4	2011
Gliese 667 Cc	0,84	23,6	2011
Kepler-442b	0,83	1291,6	2015
Kepler-62e	0,86	1199,7	2013
Kepler-452b	0,83	1400	2015
Gliese 832 c	0,81	16,1	2014
Kepler-283c	0,79	1496,8	2011

**МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭКЗОПЛАНЕТ** В настоящее время для поиска планет за пределами Солнечной системы (экзопланет) используют и другие методы, основанные на наблюдениях: по ослаблению света от звезды, когда планета проходит по её диску и заслоняет часть звезды; по измерению доплеровского смещения спектральных линий в звёздном спектре из-за движения звезды вокруг центра масс звезды и экзопланеты.

Трудность поиска экзопланет состоит в том, что для обнаружения планеты типа Земли скорости, которые нужно измерить, составляют несколько метров в секунду, а ослабление света звезды составит доли процента.

**ЭКЗОПЛАНЕТЫ С УСЛОВИЯМИ, БЛАГОПРИЯТНЫМИ ДЛЯ ЖИЗНИ** Несмотря на все трудности, к настоящему времени обнаружено свыше 4000 экзопланет. В основном это планеты-гиганты. Среди них сотни планет с массами, сравнимыми с массой Земли, и около 40 экзопланет, расположенных на расстояниях от звезды, на которых они получают достаточно тепла для формирования комфортных условий жизни на поверхности. Среди них есть близкие к Земле, например планеты, расположенные около звезды  $\tau$  Кита.

Теперь основная цель наблюдений — обнаружение атмосферы у этих экзопланет и определение её химического состава. Если в химическом составе будет обнаружен кислород, углекислый газ, метан, то на этих планетах возможно наличие жизни.



Открытие большого числа экзопланет заставило учёных более глубоко исследовать проблемы возникновения и эволюции жизни на планетах. Так, вне зоны, благоприятной для жизни вокруг Солнца, на спутнике Юпитера Европе под ледяной корой существует гигантский тёплый водяной океан, подогреваемый теплом, выделяемым за счёт действия приливных сил со стороны Юпитера и соседних спутников. В этом океане могут существовать и развиваться живые организмы. Поэтому в будущем планируются запуски спускаемых аппаратов на Европу, которые проникнут в этот океан.

Более того, высказывались обоснованные предположения о существовании жизни на поверхности спутника Сатурна Титана, на котором обнаружены реки и озёра с жидким метаном и метановые облака. Как считают учёные, при тех низких температурах метан по своим физическим свойствам похож на воду при земных условиях и может служить основой для жизни.

#### ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Что такое экзопланеты?
- Какими методами они обнаруживаются?

## ПОИСК ЖИЗНИ И РАЗУМА ВО ВСЕЛЕННОЙ

### ВЫ УЗНАЕТЕ:

- Как развивались представления о существовании жизни во Вселенной.
- Как оценивают количество высокоразвитых цивилизаций в Галактике.
- Как пытались обнаружить и послать сигналы внеземным цивилизациям.

### ВСПОМНИТЕ:

- Какими способами астрономы ведут поиски экзопланет?

За эти взгляды, противоречащие священному писанию, католическая церковь жестоко расправилась с Дж. Бруно. Судом святейшей инквизиции он был признан несправедливым грешником и сожжён заживо в Риме на площади Цветов 17 февраля 1600 г.

Благодаря церкви, которая опиралась на учение Птолемея, Земля считалась центром Вселенной. Жизнь и человек созданы Богом только на Земле. И только гениальный Н. Коперник в первой четверти XV в. низвёл Землю из центра Вселенной, поместив её на третье место от центрального Солнца.

**ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ** Первые телескопические наблюдения Г. Галилея показали, что на Луне видны горы и моря, как на Земле. Напрашивался вывод о возможности жизни на ней.

Эти мысли ясно выразил Дж. Бруно, ярый приверженец теории Коперника. Он писал: «Существуют бесчисленные солнца, бесчисленные земли, которые кружатся вокруг своих солнц, подобно тому как наши семь планет кружатся вокруг нашего Солнца... На этих мирах обитают живые существа».

Многие астрономы искали проявление жизни на планетах Солнечной системы. Так, открытие Дж. Скиапарелли каналов и морей на Марсе во время Великого противостояния планеты в конце XIX в. вызвало большой интерес к проблеме связи с марсианской цивилизацией. Предлагали прорубить в сибирской тайге просеки в виде теоремы Пифагора с гигантскими квадратами на катетах и гипотенузе, засеять их пшеницей, и тогда на зелёном фоне тайги «марсиане» увидят этот рисунок и в конце концов дадут нам знать о себе.

**ФОРМУЛА ДРЕЙКА** К проблеме поиска связи с внеземными цивилизациями учёные обратились в конце 50–60 гг. XX в. Учёные К. Саган, Ф. Дрейк и И. Шкловский попытались на основе знаний из астрономии, биологии, химии, социологии и других естественных наук оценить количество разумных цивилизаций в нашей Галактике, с которыми мы могли бы надеяться связаться в настоящее время. Фрэнк Дрейк предложил следующую формулу для оценки числа  $N_{\text{ц}}$  цивилизаций в Галактике:

$$N_{\text{ц}} = R_{\text{зв}} \cdot f_{\text{пл}} \cdot n \cdot f_{\text{ж}} \cdot f_{\text{раз}} \cdot f_{\text{св}} \cdot T,$$

где  $R_{\text{зв}} \cong 1$  звёзд/год — скорость образования звёзд спектральных классов от F до M. Время жизни этих звёзд свыше 4 млрд лет, что достаточно для возникновения и эволюции жизни до разумной на планете;

$f_{\text{пл}} \cong 1$  — доля звёзд, имеющих планетные системы, т. е. полагают, что все солнцеподобные звёзды имеют планетные системы;

$n \cong 0,1$  — среднее число планет в планетной системе, имеющих благоприятные для жизни условия (в Солнечной системе только Земля, т. е.  $n = 1/8$ );

$f_{ж} \cong 1$  — доля планет, у которых при хороших условиях рано или поздно жизнь обязательно возникнет, как на Земле;

$f_{раз} \cong 1$  — доля планет, где жизнь возникла и благодаря естественному отбору эволюционировала в разумную;

$f_{св} \cong 1$  — доля возникших высокоразвитых цивилизаций, у которых появилось желание и возможность связи с другими цивилизациями;

$T$  — время жизни высокоразвитой цивилизации в годах. Полагают, что наша высокоразвитая цивилизация уже прожила почти 60 лет, начиная с того момента, как мы построили радиотелескопы и получили возможность посылать сигналы с Земли и принимать сигналы из космоса. Если мы не уничтожим сами себя, то наша цивилизация просуществует несколько миллионов лет.

Подставив в формулу Дрейка приведённые цифры, получим число цивилизаций в нашей Галактике:

$$N_{ц} \cong 100\,000.$$

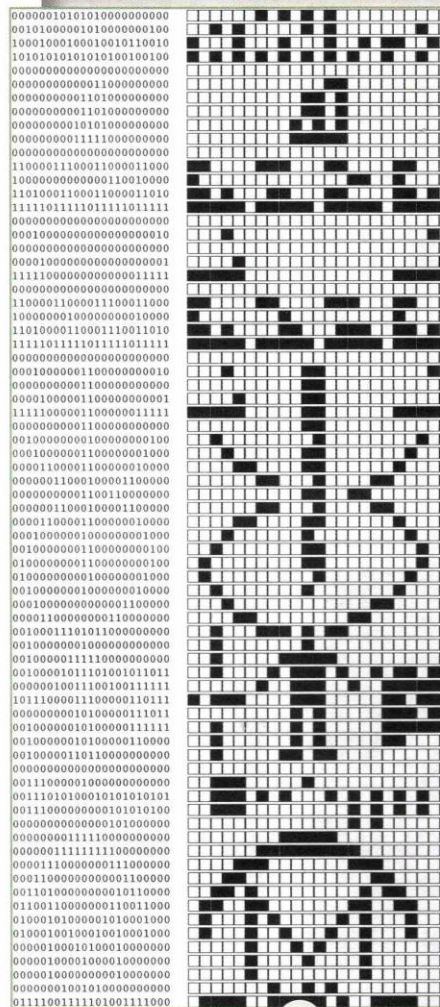
Одна высокоразвитая цивилизация на 1 000 000 звёзд!

Расчёты показали, что в Млечном Пути должно быть от одной цивилизации (нашей земной) до миллиона. В крупные радиотелескопы астрономы пытаются услышать эти цивилизации. Первые наблюдения в рамках поиска внеземных цивилизаций были проведёны в 1960 г. Тогда астрономы, используя радиотелескоп с диаметром антенны в 25 м, прослушивали две близкие звезды, похожие на Солнце,  $\tau$  Кита и  $\epsilon$  Эридана в надежде услышать радиосигналы искусственной природы. Сигналы пока так и не были обнаружены.

С помощью гигантских антенн радиотелескопов Центра дальней космической связи в Евпатории были отправлены послания в сторону нескольких ближайших звёзд, похожих на наше Солнце.



В 1974 г. с радиотелескопа в Аресибо было отправлено послание *a* в сторону шарового скопления M13 в созвездии Геркулеса, содержащее 1679 бит информации и посланное на радиочастоте 2380 Мгц (длина волны 12,6 см). Сообщение представляет собой развёртку кадра с 23 столбцами и 73 строками. На развёртке изображена фигура человека и схема Солнечной системы. Справа указан рост в единицах длины волны ( $14 \times 12,6 \text{ см} = 176 \text{ см}$ ). Слева — численность населения Земли (около 4 млрд человек, в двоичной системе). В верхней части — последовательность чисел от 1 до 10 в двоичном коде. Затем следует последовательность чисел 1, 6, 7, 8 и 15 — порядковые номера важнейших для нас химических элементов: водорода, углерода, азота, кислорода и фосфора. Под ними 12 групп из пяти чисел каждая — это формулы важнейших для жизни молекул. И ещё ниже — двойная спираль молекулы ДНК. До скопления M13 сигнал будет двигаться 25 000 лет и обратно столько же, если нам ответят. Так что через 50 000 лет мы всё узнаем!



a

#### ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

- Какое время для жизни развитой цивилизации вы подставили бы в формулу Дрейка и почему?
- Некоторые учёные полагают, что  $T = 100$  лет. Как вы думаете, правы они или нет?
- Почему из анализа формулы Дрейка исключили более горячие звёзды спектральных классов O, B и A?

## ПОДВЕДЁМ ИТОГИ

### ЗАДАЧА № 35

Так как основное количество звёзд в Галактике концентрируется в сравнительно тонком диске с радиусом  $R \approx 15\,000$  пк и толщиной  $h \approx 1000$  пк, и полагая, что  $N_{\text{ц}} = 100\,000$  развитых цивилизаций распределены среди звёзд равномерно, оцените расстояние до ближайшей цивилизации. Сколько лет лететь до неё даже со скоростью, близкой к скорости света?

- Наблюдения вспышек сверхновых звёзд в очень далёких галактиках позволили определить расстояния до них независимо от метода красных смещений. Полученное различие в оценках расстояний указывает на ускоренное расширение Вселенной на больших расстояниях. Это говорит о том, что наряду с силой всемирного тяготения между телами во Вселенной действует сила всемирного отталкивания.
- По-видимому, эта сила отталкивания является проявлением особой формы материи, которая называется тёмной энергией. Одним из её свойств является то, что она обладает отрицательным давлением.
- В настоящее время обнаружено свыше 4000 экзопланет, определены их массы и расстояния до звезды, вокруг которой они обращаются. Среди них всего около 40 с массами, сравнимыми с массой Земли, и расположенных на расстояниях от звезды, обеспечивающих комфортные условия для образования и эволюции жизни на ней.
- Для поиска внеземных цивилизаций проводится прослушивание космического пространства, а также посылаются закодированные послания в области Галактики, где, возможно, существует разумная жизнь.

### ПОДРОБНЕЕ...

*Ефремов Ю.Н.* Звёздные острова: Галактики звёзд и Вселенная галактик. — Фрязино: Век 2, 2007.

*Сажин М.В.* Современная космология в популярном изложении. — М.: Едиториал УРСС, 2002.

Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия. — М.: Аванта+, 2013.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:

- Мы говорим, что если экзопланета находится в пределах определённых расстояний от звезды, то на ней возможно возникновение и эволюция жизни. Чем определяются эти условия и пределы расстояний (их ещё называют поясом жизни вокруг звезды)?
- Почему у звёзд спектральных классов O, B и A не стоит искать разумную жизнь?

Астронет  
<http://www.astronet.ru>

Элементы: популярный сайт  
о фундаментальной науке  
<http://elementy.ru/>

Популярная механика  
<http://popmech.ru>

