

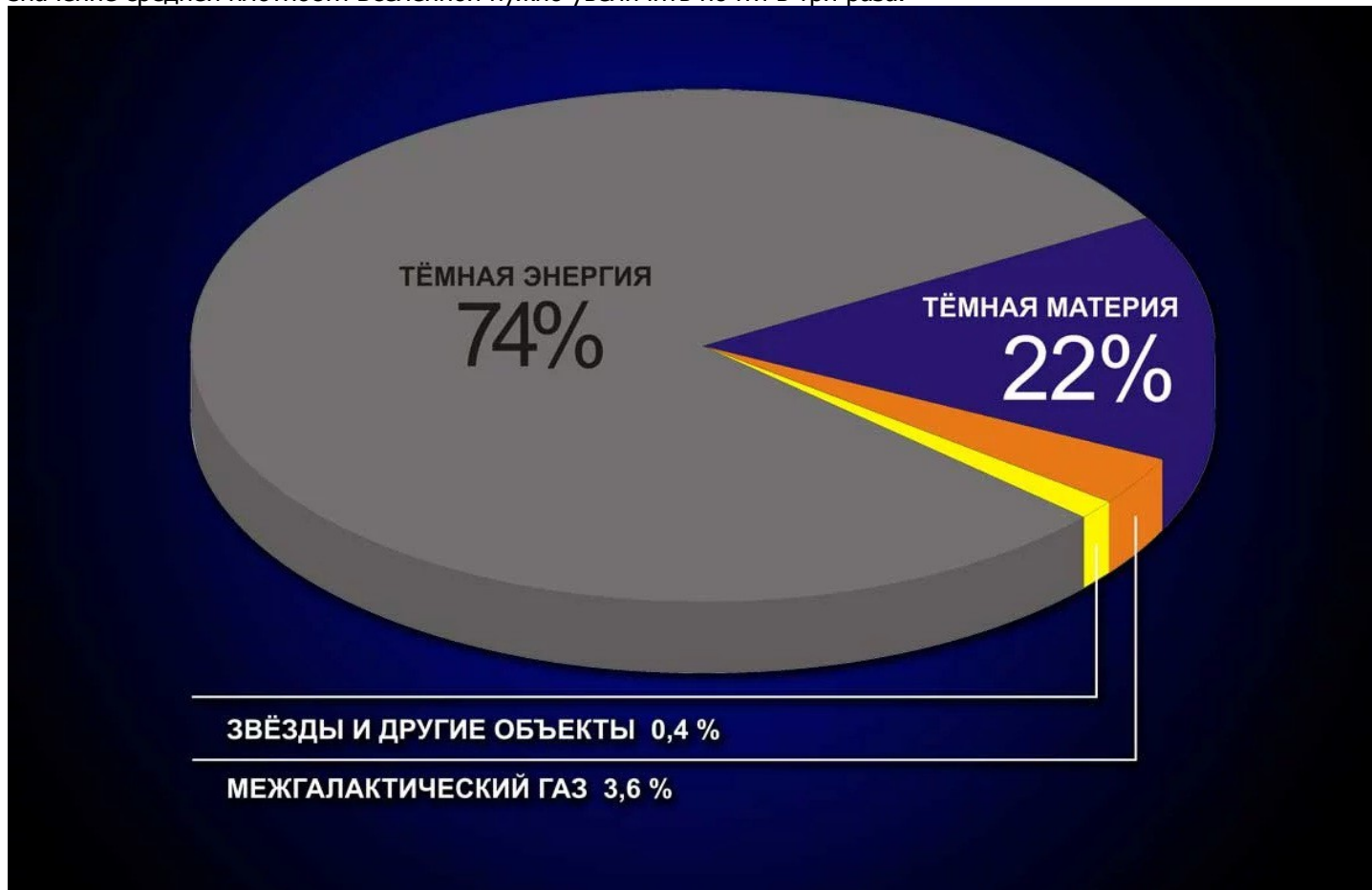
## 18. Современный этап исследования Вселенной

### 18.1. Темная материя и темная энергия

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

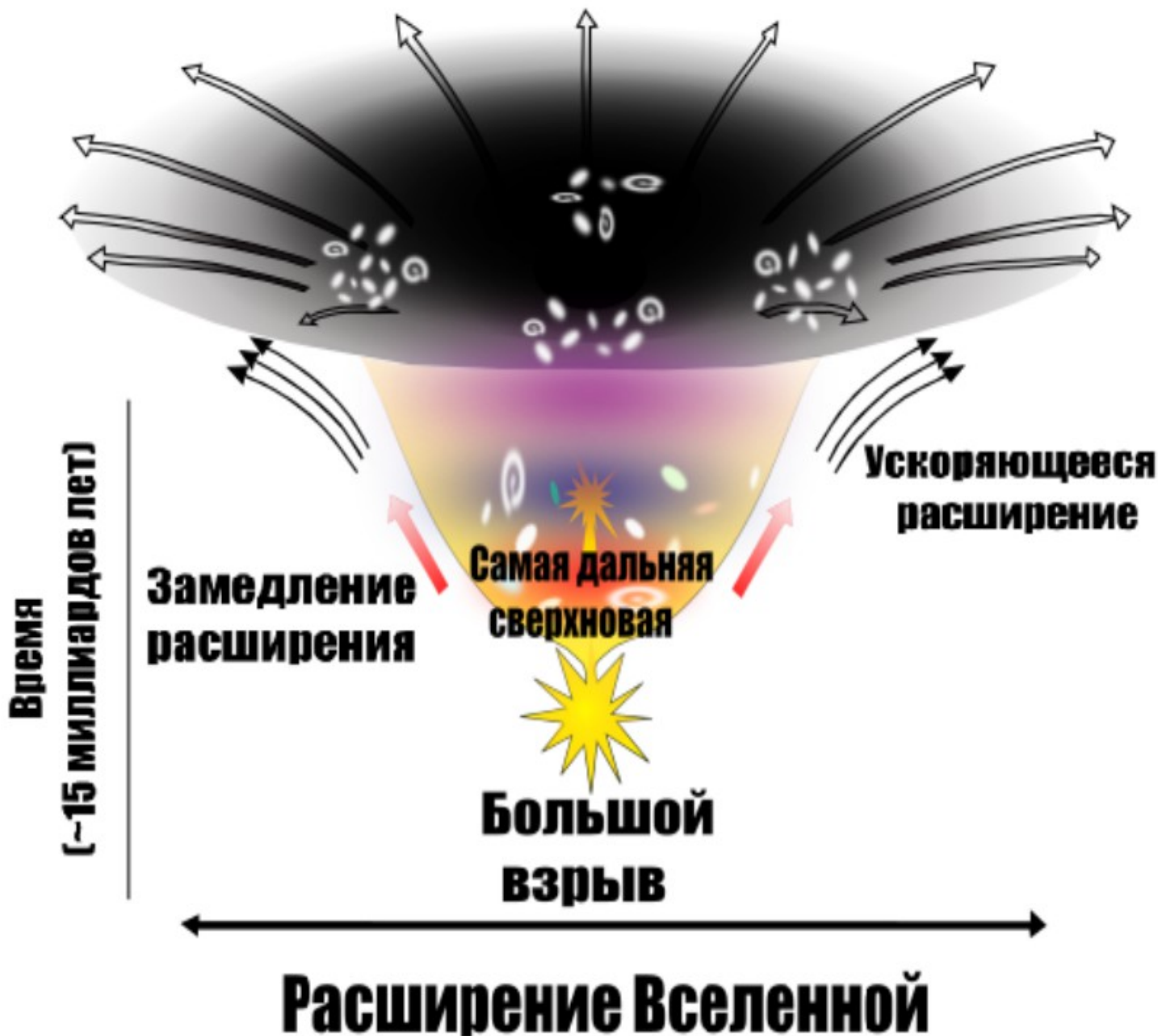
Наблюдения указывают на то, что в галактиках имеется не излучающая свет *тёмная материя*, которая по массе в несколько раз превышает суммарную массу всех звёзд. Это несветящееся вещество не участвует в электромагнитном взаимодействии, слабо проявляется в ядерном и слабом взаимодействиях, поэтому оно 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 приведенное значение средней плотности Вселенной нужно увеличить почти в три раза.



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

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 определять расстояние до них. Оказалось, что это расстояние больше, чем даст 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.



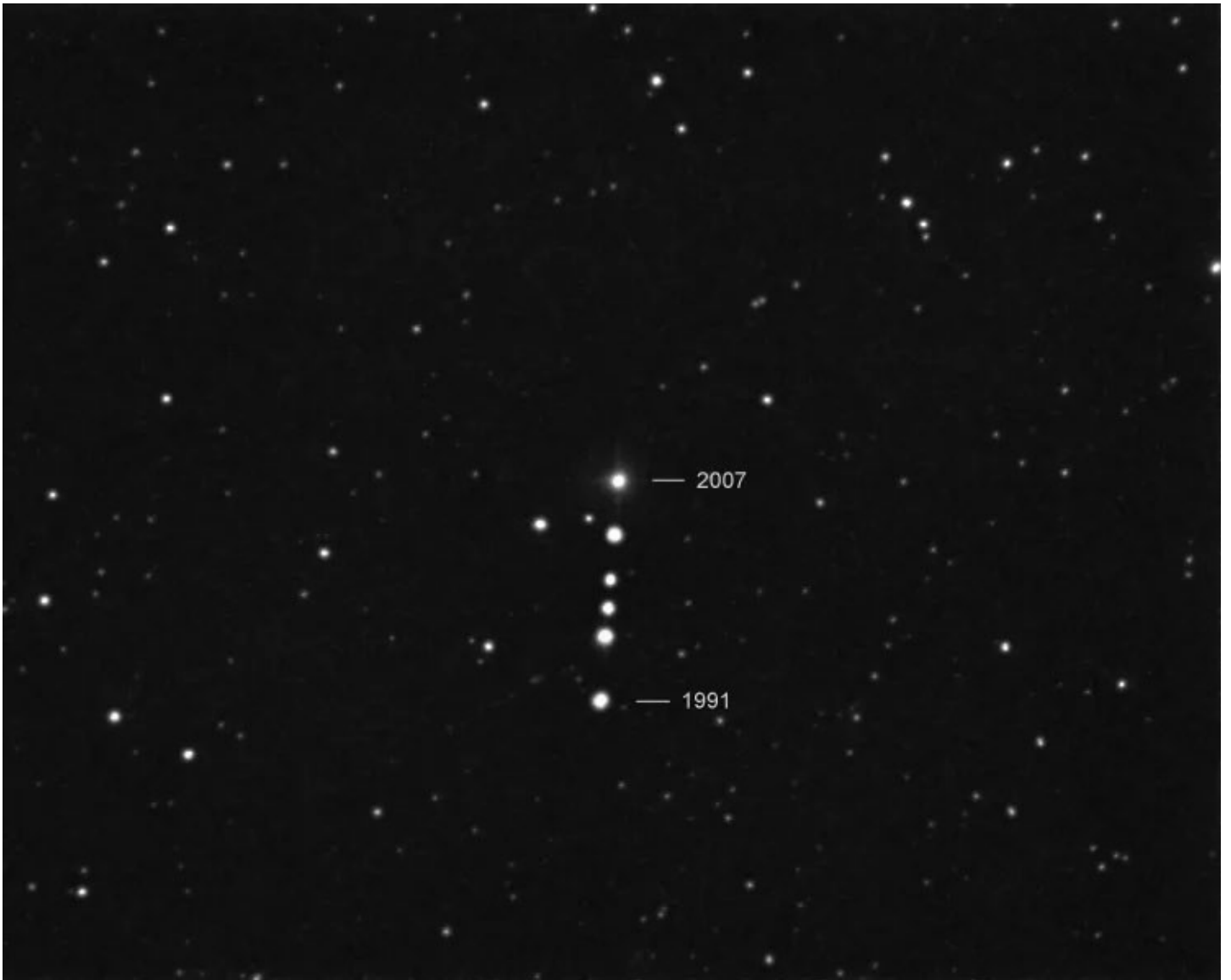
Свойство тёмной энергии совершенно необычное, она проявляет себя только в гравитационном взаимодействии и не участвует в слабом, ядерном и электромагнитном взаимодействиях. Она проявляет себя как сила отталкивания, пропорциональная расстоянию между телами. Плотность тёмной энергии постоянна во времени. Так как по мере расширения объём Вселенной увеличивается, то плотность обычной и тёмной материи уменьшается (масса этих видов материи не меняется). Поэтому, начиная с определенного 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 темная материя и энергия стала преобладать над обычной материей, когда возраст Вселенной был около 7 млрд. лет.

### 18.2. Экзопланеты

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.

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.

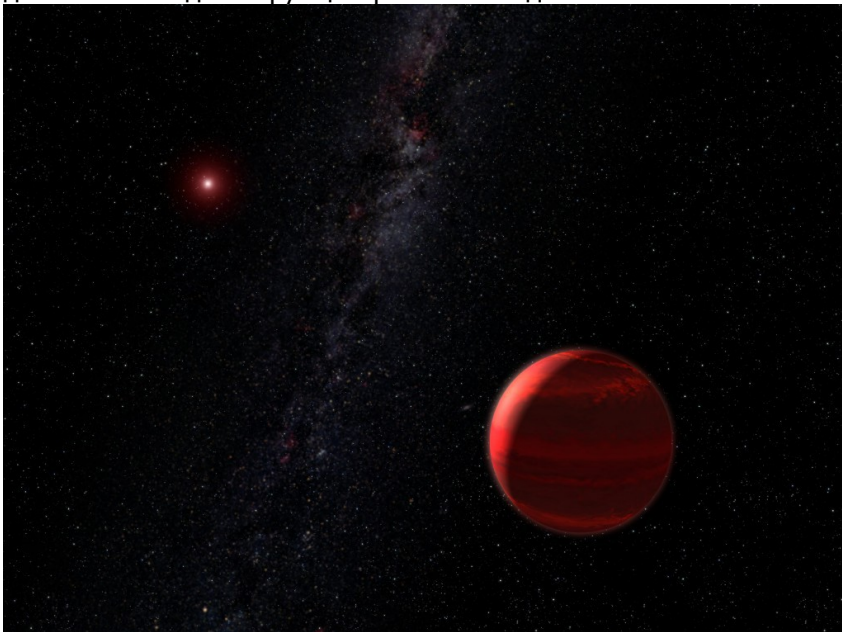
На рисунке показано изменение положения близкой к нам звезды Барнарда за 16 лет. На вид траектория движения – прямая линия на фоне далёких звёзд. Но более детальное исследование выявило криволинейную траекторию звезды, что объясняется возмущающим действием тёмных спутников.



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 (см. рис. гипотетической экзопланеты у звезды Барнарда ).

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.

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 ее 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 Земля скорости, которые нужно измерить, составляют несколько метров в секунду, а ослабление света звезды составит доли процента. Несмотря на все трудности, к настоящему времени обнаружено 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 поверхности (см. рис.). 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 ученых 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 ученые, при тех низких температурах метан по своим физическим свойствам похож на воду при земных условиях и может служить основой для жизни.

### 18.3. Поиски жизни и разума во Вселенной

Раньше считалось, что Земля является центром Вселенной и жизнь существует только на Земле.

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 паши 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.

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  $N$  цивилизаций в Галактике:

$$N = R \cdot f \cdot n \cdot k \cdot d \cdot q \cdot T,$$

где  $R$  – 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;

$f$  – доля звёзд, имеющих планетные системы, т.е. полагают, что все солнцеподобные звёзды имеют планетные системы;

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

**$k$**  – доля планет, у которых при хороших условиях рано или поздно жизнь обязательно возникнет, как на Земле;

**$d$**  – доля планет, где жизнь возникла и благодаря естественному отбору эволюционировала в разумную;

**$q$**  – 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.

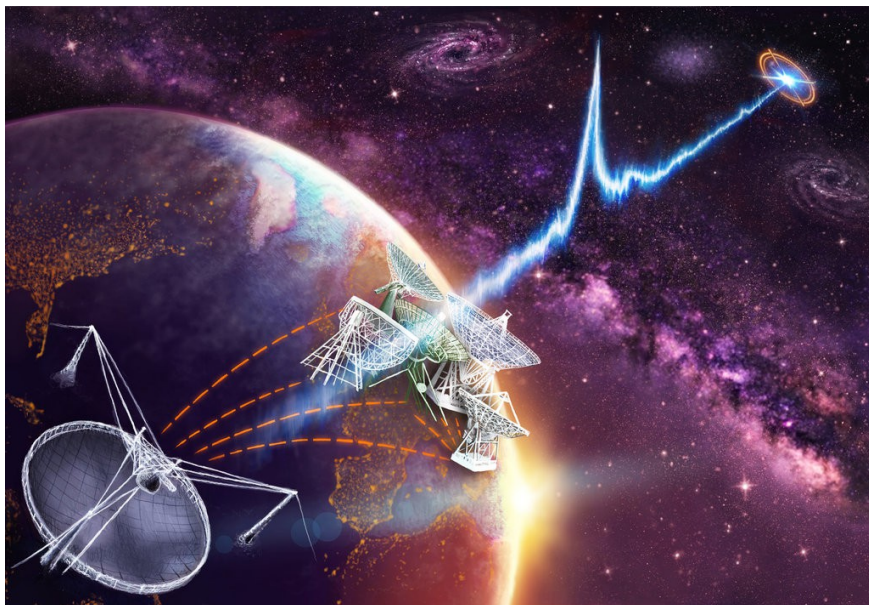
Расчёты показали, что в Млечном Пути должно быть от одной цивилизации (нашей земной) до миллиона. В крупные радиотелескопы астрономы пытаются услышать эти цивилизации. Первые наблюдения в рамках поиска внеземных цивилизаций были проведены в 1960 г. Тогда астрономы, используя радиотелескоп с диаметром 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.

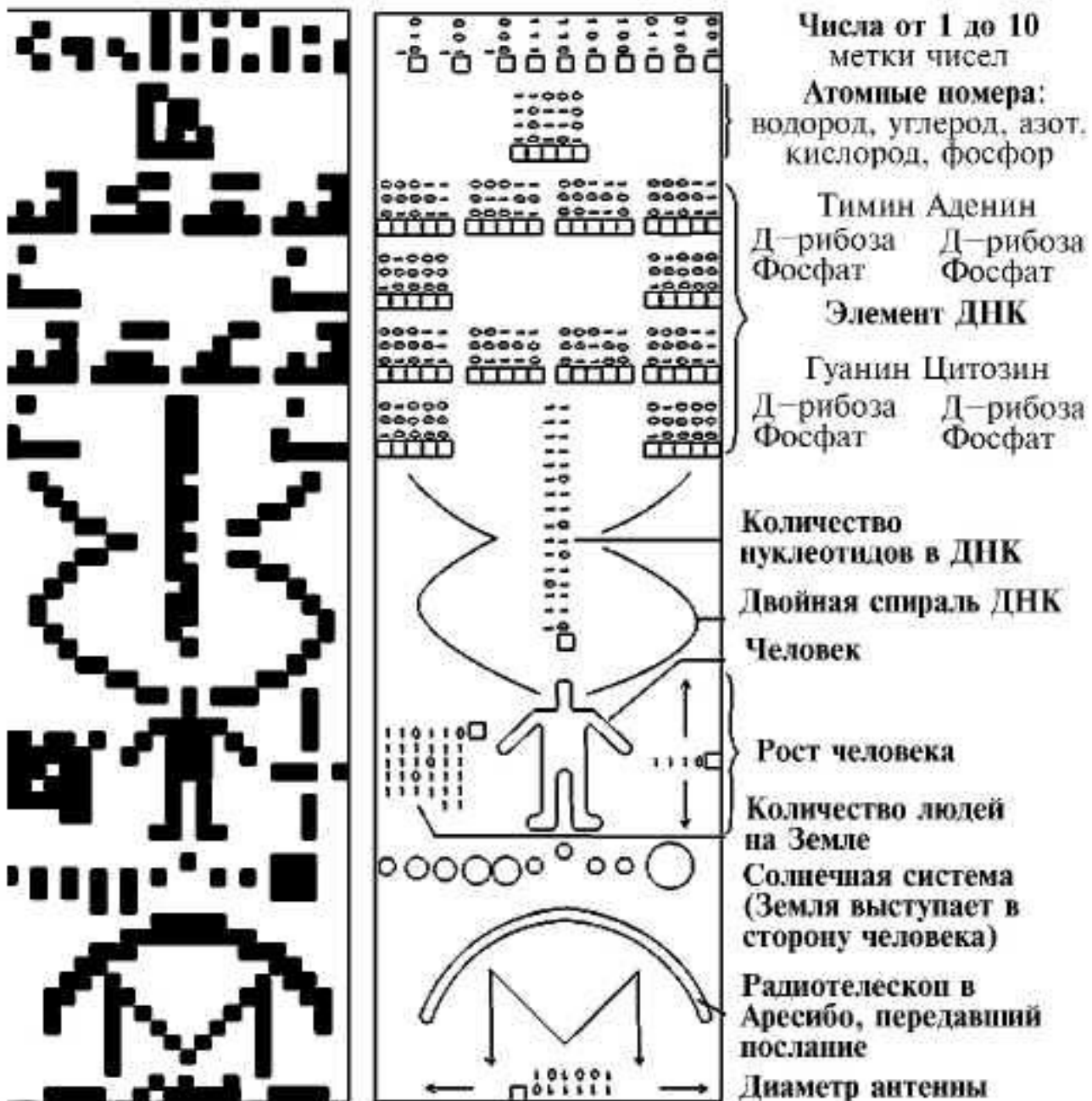
С помощью гигантских антенн радиотелескопов Центра дальней космической связи в Евпатории (см. рис.) были отправлены послания в сторону нескольких ближайших звёзд, похожих на наше Солнце.



В 1974 г с радиотелескопа в Аресибо было отправлено послание (см. рис.) в сторону шарового скопления М13 в созвездии Геркулеса, содержащее 1679 бит информации и посланное из радиочастоты 2380 МГц (длина волны 12,6 см).

Сообщение представляет собой развёртку кадра с 23 столбцами и 73 строками. На развертке изображена фигура человека и схема Солнечной системы. Справа указан рост в единицах длины волны ( $14 \cdot 12,6 \text{ см} = 176 \text{ см}$ ). 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 (см. рис.). И ещё ниже – двойная спираль молекулы ДНК. До скопления М13 сигнал будет двигаться 25 000 лет и обратно столько же, если нам ответят. Так что через 50 000 лет мы всё узнаем!





### Вопросы

1. Какая проблема была обнаружена при исследовании собственного вращения галактик?
2. Что представляет собой гипотетическая тёмная материя?
3. Каковы свойства тёмной материи?
4. Какова доля тёмной материи от общего количества материи и энергии во Вселенной?
5. Какова доля тёмной энергии от общего количества материи и энергии во Вселенной?
6. Что именно определяет тёмная энергия?
7. В соответствии с законом Хаббла происходит равномерное расширение Вселенной. Как влияет на этот процесс тёмная энергия?
8. В чём отличие тёмной материи от тёмной энергии в проявлении фундаментальных взаимодействий?
9. Когда тёмная материя и энергия стали преобладать над обычной материей во Вселенной?

10. В чём особенность движения звезды – Сириуса и как это было открыто астрономами?
11. Что говорит о наличии спутников (планет) у звезды Барнарда?
12. Почему небольшие спутники звёзд с массами, сравнимыми с массой Земли, трудно обнаружить?
13. Что такое «экзопланеты»?
14. Какие методы для поиска планет за пределами Солнечной системы (экзопланет) используют в настоящее время?
15. Что можно сказать об обнаруженных к настоящему времени экзопланетах?
16. Возможна ли органическая жизнь в Солнечной системе (кроме Земли)? Где именно и по каким причинам?
17. Опишите развитие идей о возможности разумной жизни в Солнечной системе.
18. Какие именно учёные попытались на основе знаний из астрономии, биологии, химии, социологии и других естественных наук оценить количество разумных цивилизаций в нашей Галактике?
19. Опишите формулу Дрейка для оценки числа цивилизаций в Галактике.
20. Сколько цивилизаций должно быть в Млечном пути согласно формуле Дрейка?
21. Какая информация содержится в послании с радиотелескопа в Аресибо в сторону шарового скопления М13 в созвездии Геркулеса?
22. Как скоро человечество получит (возможно) ответ на это послание?