

1. Эволюция Звезд

2. Галактики

3. Экзопланеты.

Миры для жизни

человечества

Домашнее задание

- ▶ 1. Изучить материалы лекции
- ▶ 2. Посмотреть видеоролик
- ▶ https://www.youtube.com/watch?time_continue=46&v=dvzwhaHCa48&feature=emb_logo
- ▶ 3. Пройти тестирование
<https://forms.gle/rxU6AEkLmL3FiWLk9>

1. Эволюция Звезд

Типы звезд

▶ Белые карлики

- ▶ Звезды белого цвета, весьма малых размеров. Они обладают крайне низкой светимостью, близкой к светимости красных карликов, и чрезвычайно высокой плотностью.
- ▶ К числу белых карликов относится спутник Сириуса, плотность которого близка к $40\,000\text{ г/см}^3$; масса его составляет $0,97$ массы Солнца, тогда как диаметр равен всего лишь $0,03$ диаметра Солнца.
- ▶ Чрезвычайно высокая плотность белого карлика обусловлена тем, что подавляющее большинство их атомов полностью ионизовано.

КРАСНЫЕ КАРЛИКИ

- ▶ Наиболее распространенный тип звезд. Будучи меньше по размеру, чем солнце, они экономно расходуют свои запасы топлива, чтобы продлить время своего существования на десятки миллионов лет
- ▶ Если можно было бы увидеть все красные карлики, небо оказалось бы буквально усеяно ими, а на диаграмме Герцшпрунга – Рассела большинство звезд оказалось бы сконцентрировано в правом нижнем углу. Однако красные карлики настолько тусклы, что мы в состоянии наблюдать лишь наименее удаленные от нас

ЗВЕЗДЫ – ГИГАНТЫ

- ▶ После звезд основного состояния наиболее распространенными являются красные гиганты. У них такая же температура поверхности, как у красных карликов, но они намного больше и ярче. Поэтому их помещают над звездами основного состояния на диаграмме Герцшпрунга – Рассела
- ▶ Масса этих монстров обычно примерно равна солнечной, однако, если бы одно из них заняло место нашего светила, его оболочка захватила бы внутренние планеты Солнечной системы
- ▶ В действительности большинство из них имеет оранжевый цвет, но звезда R Зайца настолько красна, что некоторые сравнивают ее с каплей крови

ЗВЕЗДЫ - СВЕРХГИГАНТЫ

- ▶ Сверхгиганты – наибольшие по размерам звезды, радиус которых в 30 – 2500 раз превышает радиус Солнца
- ▶ Располагаются вдоль вершины диаграммы Герцшпрунга – Рассела. Бетельгейзе в плече Ориона имеет в поперечнике почти 600 миллионов миль (1 000 млн. км)
- ▶ Другой наиболее яркий светоч Ориона – Ригель, голубой сверхгигант, одна из самых ярких звезд, видимых невооруженным глазом. Будучи чуть ли не в десять раз меньше Бетельгейза, Ригель все же почти в сто раз превосходит Солнце своим размером

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

- ▶ Сверхновые звезды – это *переменные* звезды, светимость которых внезапно увеличивается в сотни миллионов раз, а затем медленно спадает. Во время вспышек сверхновая звезда значительно ярче *новых* звезд
- ▶ Вспышка сверхновой звезды наблюдается весьма редко: в отдельных галактиках в среднем не чаще чем один раз в 200-300 лет
- ▶ Чтобы звезда могла взорваться в качестве сверхновой, ее масса должна, по крайней мере, в десять раз превышать массу солнца. Она превращается в красного *сверхгиганта*

НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ И

- ▶ Остатки взорвавшегося ядра известны под названием нейтронной звезды. Нейтронные звезды вращаются очень быстро, испуская световые и радиоволны, которые, проходя мимо Земли, кажутся светом космического маяка
- ▶ Колебания яркости этих волн навело астрономов на мысль назвать такие звезды пульсарами. Самые быстрые пульсары вращаются со скоростью, почти равной 1000 оборотов в секунду
- ▶ К настоящему времени их открыто уже более двухсот. Оказалось, что все пульсары находятся на расстояниях от 100 до 25 000 световых лет, т. е. принадлежат нашей Галактике, группируясь вблизи плоскости Млечного Пути

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ



- ▶ Если масса звезды в два раза превышает солнечную, то к концу своей жизни звезда может взорваться как сверхновая, но если масса вещества, оставшегося после взрыва, всё еще превосходит две солнечных, то звезда должна сжаться в плотное крошечное тело, так как гравитационные силы всецело подавляют всякое сопротивление сжатию. Учёные полагают, что именно в этот момент катастрофический гравитационный коллапс приводит к возникновению черной дыры
- ▶ Само название – **чёрные дыры** – говорит о том, что это класс объектов, которые нельзя увидеть.

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

▶ Затменные переменные звезды

- ▶ Звезды этого класса являются тесными двойными системами. Анализ изменения блеска затменной переменной звезды позволяет определить элементы орбиты двойной системы, относительные радиусы, светимость, массы, температуры внешних слоев компонентов двойной звезды

▶ Физические переменные звезды

- ▶ Физические переменные звезды разделяются на несколько основных групп: пульсирующие звезды, взрывные звезды и прочие переменные



ОБЛАКА СРЕДИ
ЗВЕЗД:
ТУМАННОСТИ

ЭМИССИОННЫЕ (ГАЗОВЫЕ)

ТУМАННОСТИ

- ▶ Газовые туманности являются наиболее цветными, сияя, подобно неоновым вывескам, благодаря энергии, излучаемой звездами внутри них. При хорошей погоде большой телескоп покажет сияющий газ и позволит рассмотреть оттенки красного и зеленого в некоторых туманностях. Однако лишь фотографии с долгой экспозицией откроют истинную гамму цветов – особенно поразительные оттенки красного водорода
- ▶ Легче всего разглядеть туманность в середине меча созвездия Ориона – великую туманность. Если небо темное, для невооруженного глаза она покажется мутным пятном. Однако даже в городском небе в бинокль Вы увидите неправильной формы облако.

ПЛАНЕТАРНЫЕ ТУМАННОСТИ

- ▶ Эти туманности имеют вид правильно очерченных дисков с различным распределением яркости. Форма их круглая или эллиптическая. За некоторое внешнее сходство с видом далеких планет эти туманности и были названы планетарными
- ▶ В центре планетарной туманности всегда находится ядро – звезда, являющаяся источником свечения туманности, представляющей собой крайне разреженную обширную газовую оболочку ядра. Туманности, у которых не обнаруживается увеличение яркости к центру, вблизи ядра имеют плотность меньшую, чем на периферии, и представляют собой нечто вроде шарового слоя газа, концентрического с ядром.

ДИФФУЗНЫЕ ТУМАННОСТИ

- ▶ Диффузные туманности – это туманности неправильной формы.
- ▶ Они разбиваются на три класса:
светлые эмиссионные туманности;
светлые отражательные туманности;
темные туманности (представлены на небе в виде пятен или полосок, лишенных или почти лишенных звезд)

ТЕМНЫЕ ТУМАННОСТИ

- ▶ Во многих местах Млечного Пути обнаруживаются многочисленные небольшие площади, большей частью неправильной формы, очень бедные звёздами, а иногда и вовсе не содержащие их
- ▶ Таковы, например, темные туманности созвездия Тельца и Змееносца, а также «угольные мешки» в созвездиях Лебедя и Креста. Тёмные туманности состоят из маленьких частиц различных размеров, сильно поглощающих и, таким образом, ослабляющих свет, идущий от звёзд, находящихся позади туманности. Иногда туманность ослабляет проходящий через неё свет звёзд в 10 и больше раз.

2. Галактики



Галактики

Галактиками называются гигантские (до триллиона звезд) звёздные системы, расположенные вне нашей Галактики.

Их называют ещё внегалактическими туманностями, т. к. при визуальном наблюдении в телескоп они выглядят туманными пятнышками, как и обычные газовые туманности.

Сведения о галактиках приводятся в специальных астрономических каталогах.

Из них наиболее известны первый каталог туманностей и звёздных скоплений, составленный в конце 18 в. французским астрономом Шарлем Мессье.



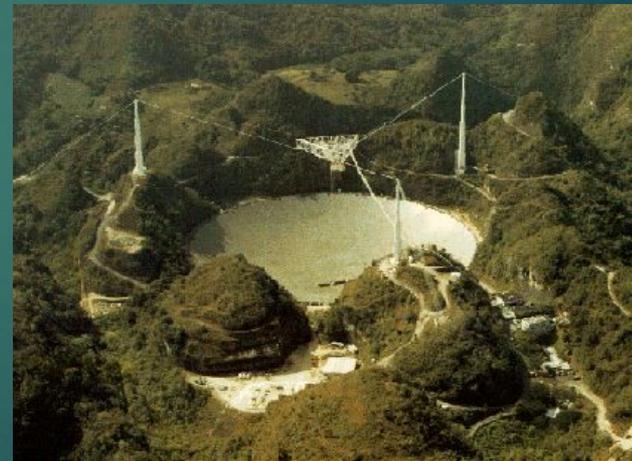
Начало внегалактической астрономии



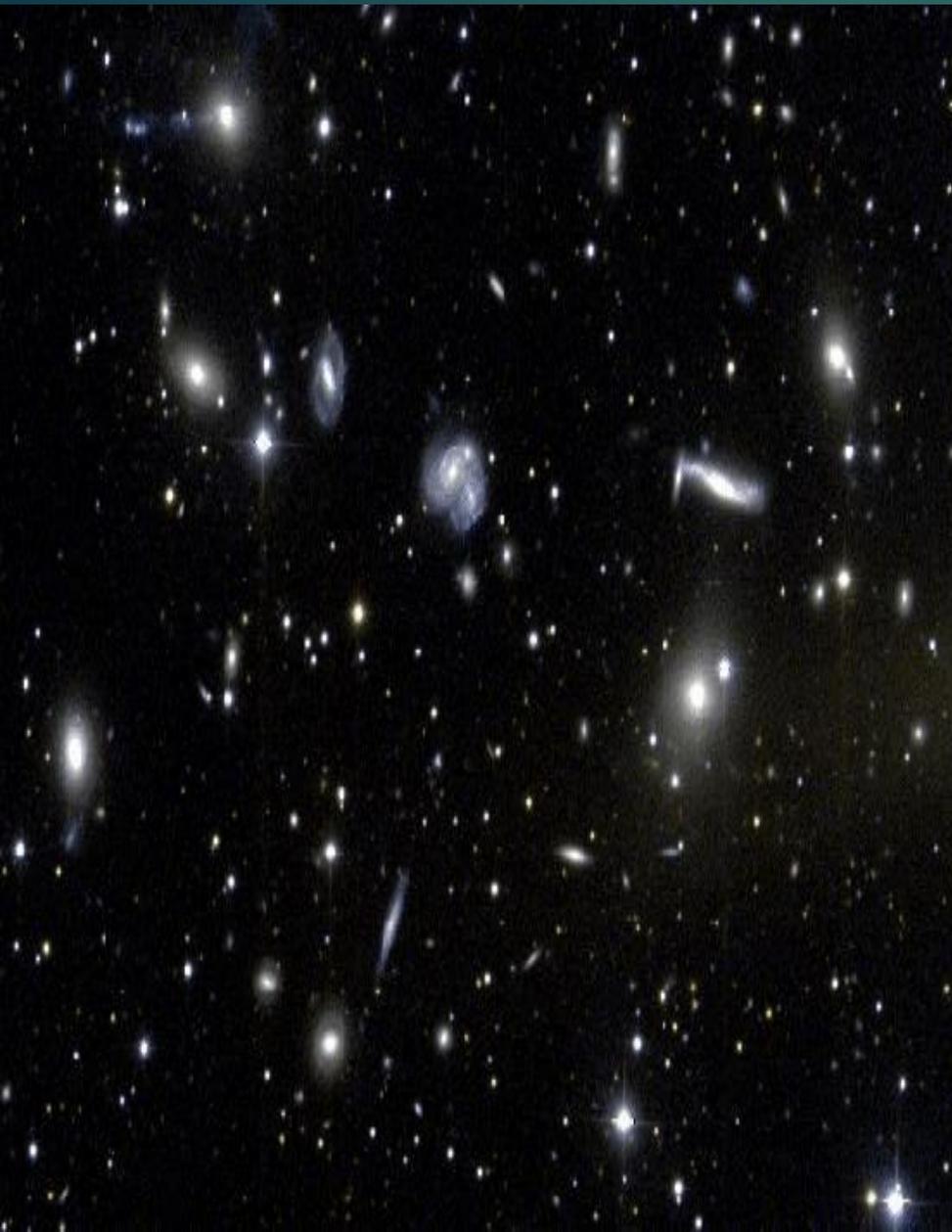
Мир звёздных систем - галактик - стал интенсивно изучаться с 1920 г., когда шведскому астроному К. Лундмарку удалось разложить на звёзды периферийную часть спиральной туманности М 33 (или NGC 598) в созвездии Треугольника. Вскоре американский астроном Э. Хаббл, работавший на крупнейшем в то время телескопе с зеркалом диаметром 2,5 м, установил звёздную природу спиральных рукавов туманности Андромеды и нескольких более слабых галактик неправильной формы. Это положило начало развитию новой отрасли астрономической науки — внегалактической астрономии.

Инструменты внегалактической астрономии

Изучение галактик требует максимально мощных инструментов, в частности оптических телескопов с зеркалами диаметром более метра, а также новейших средств и методов исследования далёких слабых объектов. Исключительно быстрому развитию внегалактической астрономии способствовало внедрение радиоастрономических методов исследования космических объектов.



Распределение галактик в пространстве



Среди всё более слабых по блеску объектов число галактик быстро возрастает. Так, галактик ярче 12-й звёздной величины известно около 250, 15-й - уже около 50 тыс., а число галактик, которые могут быть сфотографированы 6-метровым телескопом на пределе его возможностей, составляет многие миллиарды.

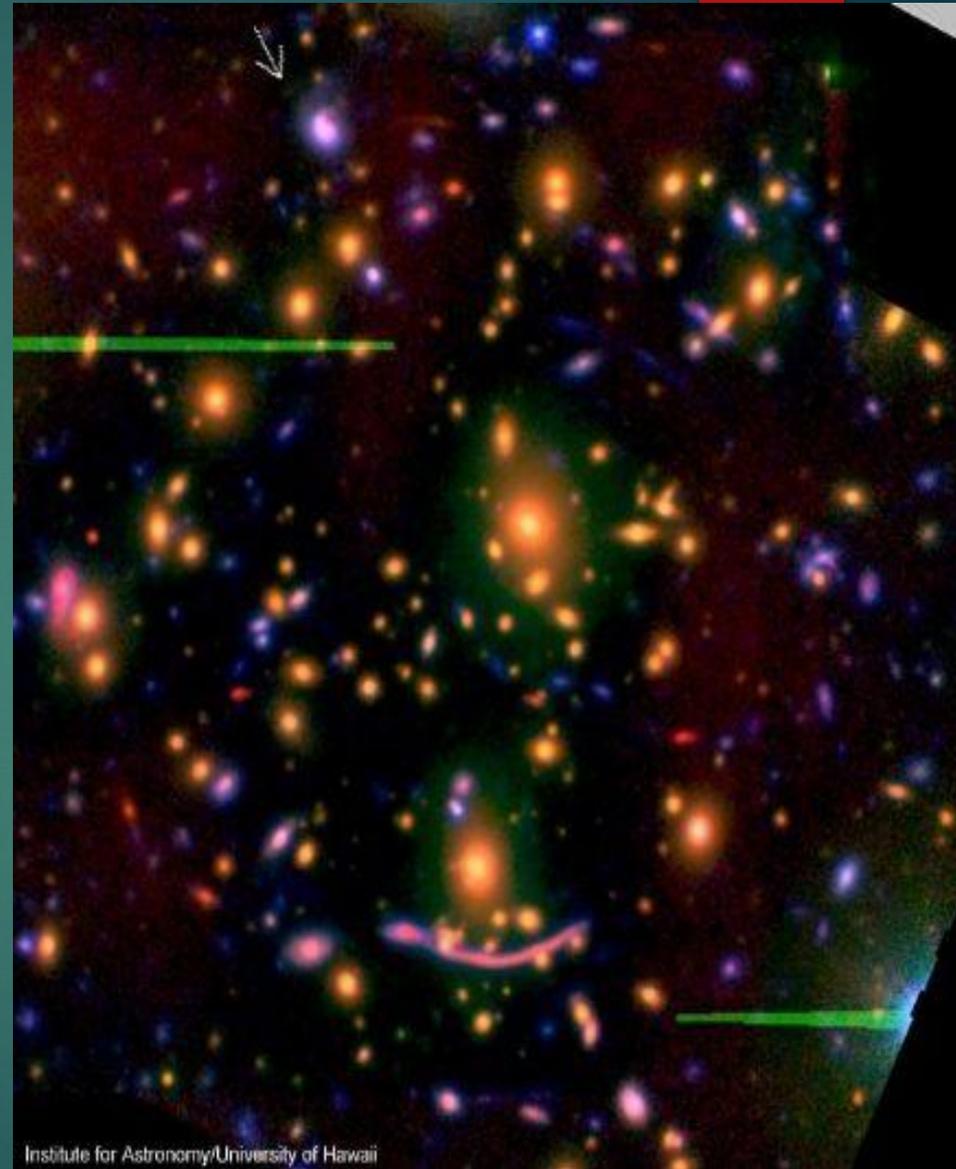
Это указывает на значительную удалённость большинства галактик.

Определение расстояний до галактик

В 1912 г. американский астроном В. Слайфер обнаружил замечательное свойство галактик: в спектрах далёких галактик все спектральные линии оказались смещёнными к длинноволновому (красному) концу по сравнению с такими же линиями в спектрах источников, неподвижных относительно наблюдателя (т. н. красное смещение линий).

В 1929 г. американский астроном Э. Хаббл, сравнивая расстояния до галактик и их красные смещения, обнаружил, что последние растут в среднем прямо пропорционально расстояниям (закон Хаббла). Этот закон дал в руки астрономов эффективный метод определения расстояний до галактик по их красному смещению.

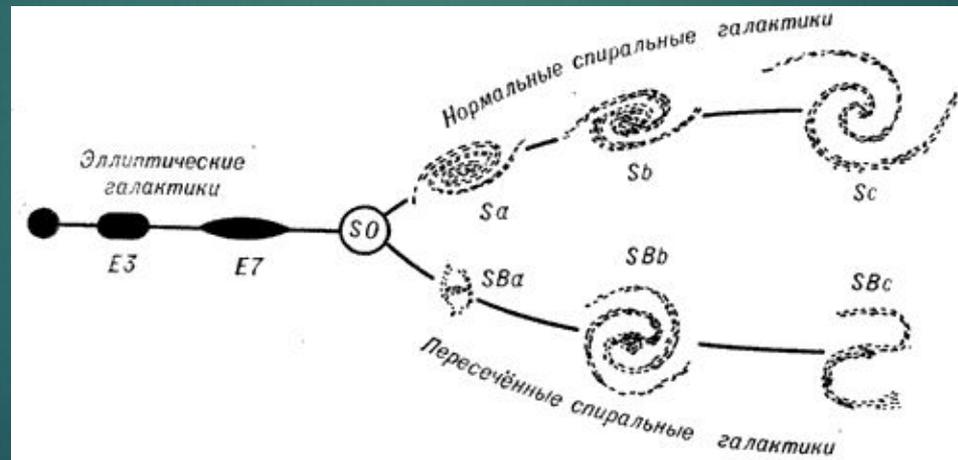
Центр скопления галактик Abell 370. Дуги являются прямым следствием искажения изображений за счет гравитационного фокусирования света. Зеленые полосы - это дифракционные "рога" от близких ярких звезд. Стрелка указывает на положение галактики HSM 6A, блеск которой усилен эффектом гравлинзы от скопления A370.



Institute for Astronomy/University of Hawaii

Многообразие форм звёздных систем

Формы галактик чрезвычайно разнообразны. Однако большинство галактик относят к нескольким основным типам, руководствуясь их наиболее характерными внешними признаками, а более мелкие различия галактик помогают подразделить эти типы на отдельные подтипы. Классифицировать галактик по морфологическим особенностям предложил Хаббл.



Многообразие форм звёздных систем



Около 25% изученных галактик имеет круглую или эллиптическую форму, поэтому их назвали **эллиптическими галактиками** (в классификации этот тип галактик обозначают символом **E**).

Это наиболее простые по структуре, звёздному составу и характеру внутренних движений системы. В них не обнаружено звёзд высокой светимости (сверхгигантов), самые яркие звёзды в эллиптических галактиках - красные гиганты. Поверхностная яркость этих систем плавно убывает примерно обратно пропорционально квадрату расстояния от ядра, постепенно сливаясь без скачков с окружающим фоном неба. Расширение линий в спектрах эллиптических галактик указывает на то, что звёзды в них движутся в самых произвольных направлениях с высокими скоростями ($\gg 200$ км/с). В этих условиях распределение звёзд во всех радиальных направлениях от центра симметрии должно быть почти равновероятным, что и объясняет близкую к сфероидальной форму таких звёздных систем.

Эллиптические туманности в зависимости от степени видимого сжатия подразделены на восемь подтипов: от сферических систем E0 до чечевицеобразных E7 (цифра указывает степень сжатия).

Многообразие форм звёздных систем

Другой, самый распространённый тип галактик (их около 50%) отличается большим разнообразием структуры.

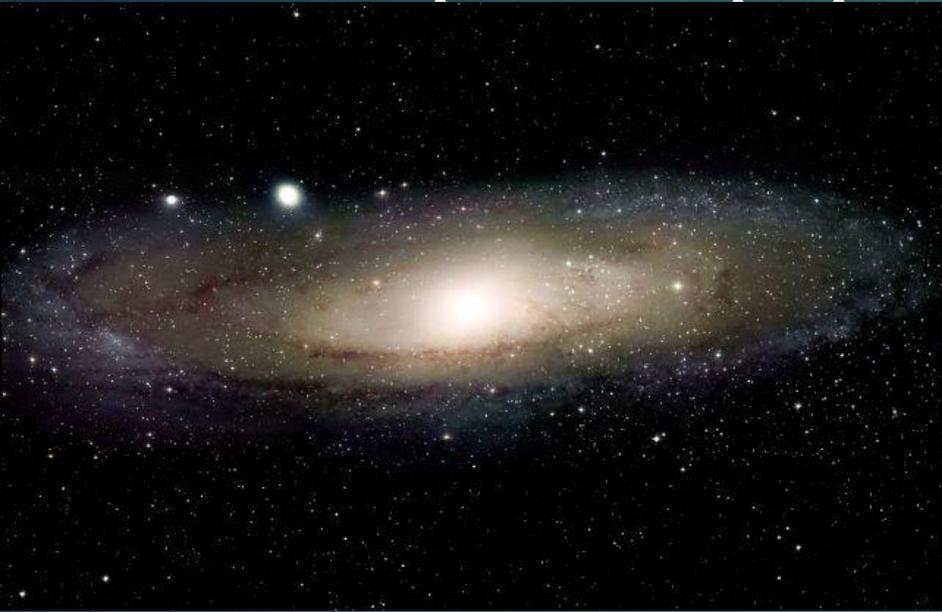
Эти звёздные системы имеют два или более спиральных рукава, образующих плоский "диск", а в центральной области галактики расположено сфероидальное вздутие (балдж), в котором находится ядро галактики.

Такие галактики называются спиральными и обозначают символом S.

Спиральные рукава, как правило, богаты яркими газовыми туманностями, окружающими горячие звёзды-сверхгиганты, а также облаками тёмной газовой-пылевой материи.



Многообразие форм звёздных систем



Примерно у половины спиральных галактик рукава начинаются сразу от ядра (это нормальные спиральные галактики), у остальных галактик через ядро проходит яркая перемычка (бар), идущая далеко за пределы ядра (пересечённые спиральные галактики).

От

концов перемычки и начинают закручиваться спиральные рукава. И нормальные (S), и пересечённые (SB) спиральные галактики подразделяются ещё на подтипы Sa, Sab, Sb, Sc, SBa и т. д.

по относительным размерам ядра и диска (размеры ядра убывают от Sa к Sc).

Некоторые из спиральных систем видны в профиль как толстое (в случае Sa) или тонкое веретено, обычно пересечённое полосой тёмного вещества, поглощающего свет. Наша Галактика, как известно, также является спиральной, вероятнее всего типа Sb.

По-видимому, спиральные галактики окружены сфероидальной звёздной Коронай, в которой содержится значительная часть массы галактики.

Многообразие форм звёздных систем



Если проследить изменение форм эллиптических галактик от сферической до чечевицеобразной и форм спиральных галактик от Sa ко всё более сплюснутой системе Sc , то напрашивается вывод о существовании ещё одного типа галактик, промежуточного между этими основными.

Гипотетический тип получил в этой схеме символ $S0$; он был сначала предсказан, а затем найден. В галактиках этого типа (их около 20% от общего числа встречающихся вблизи нашей Галактики), в отличие от эллиптических систем, яркость от центра к краю падает ступеньками. В такой системе различают ядро, "линзу" и слабый "ореол".

Эти галактики названы линзообразными. В наружных частях линзы иногда видны зачатки спиральных рукавов, перемычки и наружное светлое кольцо.

Сочетание этих деталей придаёт системам иногда совершенно необычный вид.

Многообразие форм звёздных систем

Остающиеся 5% галактик не удаётся отнести ни к одному из перечисленных типов, они образуют тип неправильных галактик (символ Ir). У таких галактик часто отсутствует симметрия формы. По меткому замечанию американского астронома В. Бааде, этот тип явился "мусорной корзиной" для галактик, не поддающихся классификации.

Действительно, в этом типе чисто условно объединено несколько разных по характеру классов галактик. Наиболее распространены неправильные галактики типа Магеллановых Облаков, названные так по имени ближайших к нам звёздных систем, видимых невооружённым глазом в южном полушарии. В сущности, эти звёздные системы – предельный случай спиральных галактик, когда они чрезвычайно плоски и в них совершенно отсутствует центральное ядро, хотя и есть следы спиральной структуры, свидетельствующей об осевом вращении систем.

Другой класс неправильных галактик очень странен: по цвету и плавному изменению яркости к краям они сходны с эллиптическими, а по спектру - со спиральными системами, однако в них нет типичных для спиральных систем звёзд-сверхгигантов и ярких газовых туманностей. Примером таких звёздных систем является M82 – неправильная галактика, в центральной части которой обнаружены облака газа, движущиеся со скоростями более тысячи км/с во все стороны. К неправильным галактикам относятся также пекулярные, каждая из которых имеет совершенно уникальную форму. Среди них в спец. класс выделены т. н. взаимодействующие галактики. Это обычно двойные галактики, между которыми наблюдаются перемычки, хвосты или мостики светлой и тёмной материи и т. д.. Все эти особенности считают признаками взаимного влияния близко расположенных галактик.



Параметры галактик



Форма и структура галактик неразрывно связаны с их основными физическими характеристиками: размером, массой, светимостью. При равных расстояниях до галактик их видимые размеры, а также массы возрастают по мере перехода от менее ярких галактик к более ярким.

Видимую яркость (блеск) галактик принято выражать в фотографических звёздных величинах, определяемых фотометрированием их изображении на снимках. Если галактика превосходит другую однотипную галактику по абсолютной звездной величине на единицу, то их диаметры соответственно будут различаться в полтора раза, а массы - в два (для спиральных) или в три раза (для эллиптических галактик).

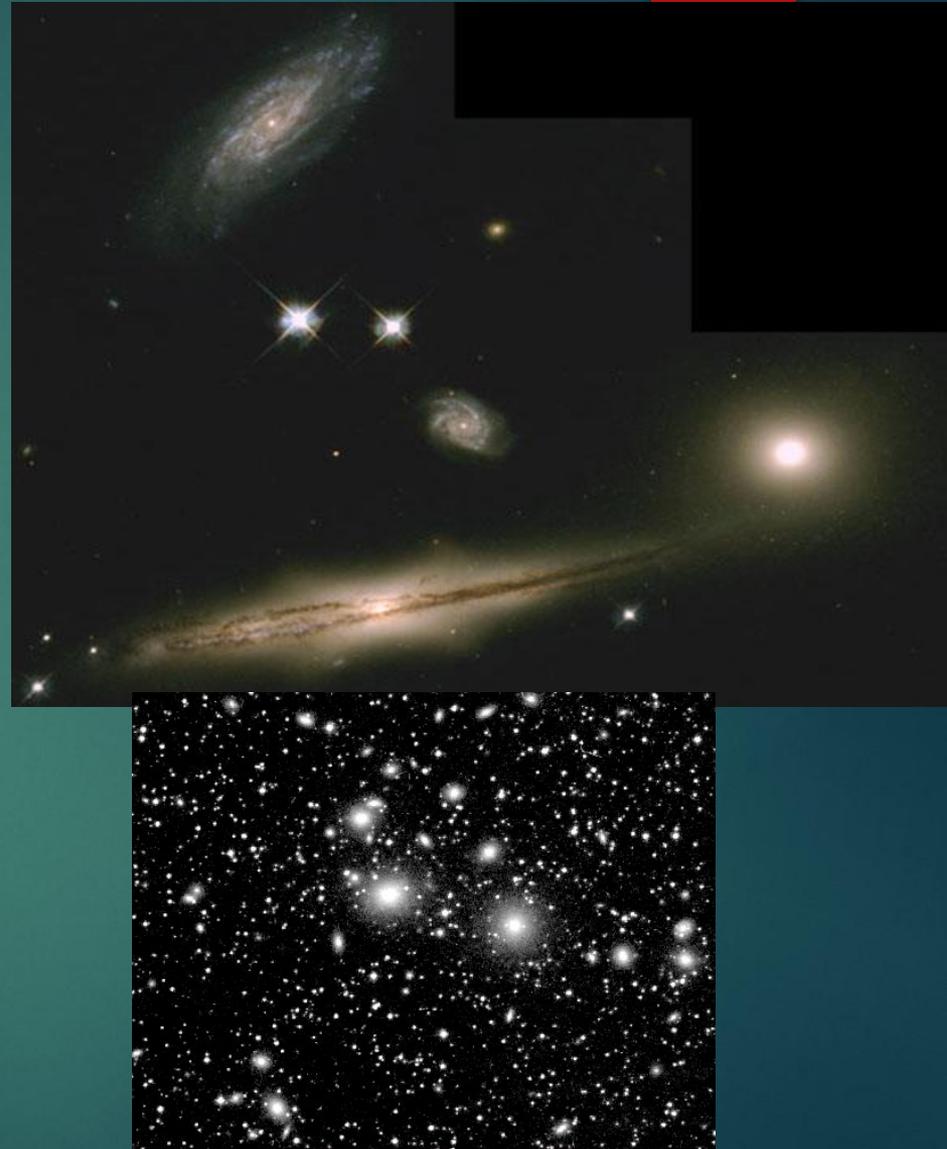
Группы и скопления галактик

Большинство галактик входят в группировки, насчитывающие от нескольких ярких членов (группы галактик) и до сотен и тысяч членов (скопления галактик). Яркие одиночные галактики редки - их не более 10% от общего числа галактик.

Наиболее исследована Местная группа галактик, в которой самыми яркими и массивными являются наша Галактика и туманность Андромеды.

Ближайшие соседние группы галактик располагаются в 2-5 Мпк от Местной группы галактик и по составу похожи на неё, только самые слабые члены этих групп трудно обнаружить. Несколько десятков таких групп галактик найдено в пределах 10-20 Мпк около нашей Галактики .

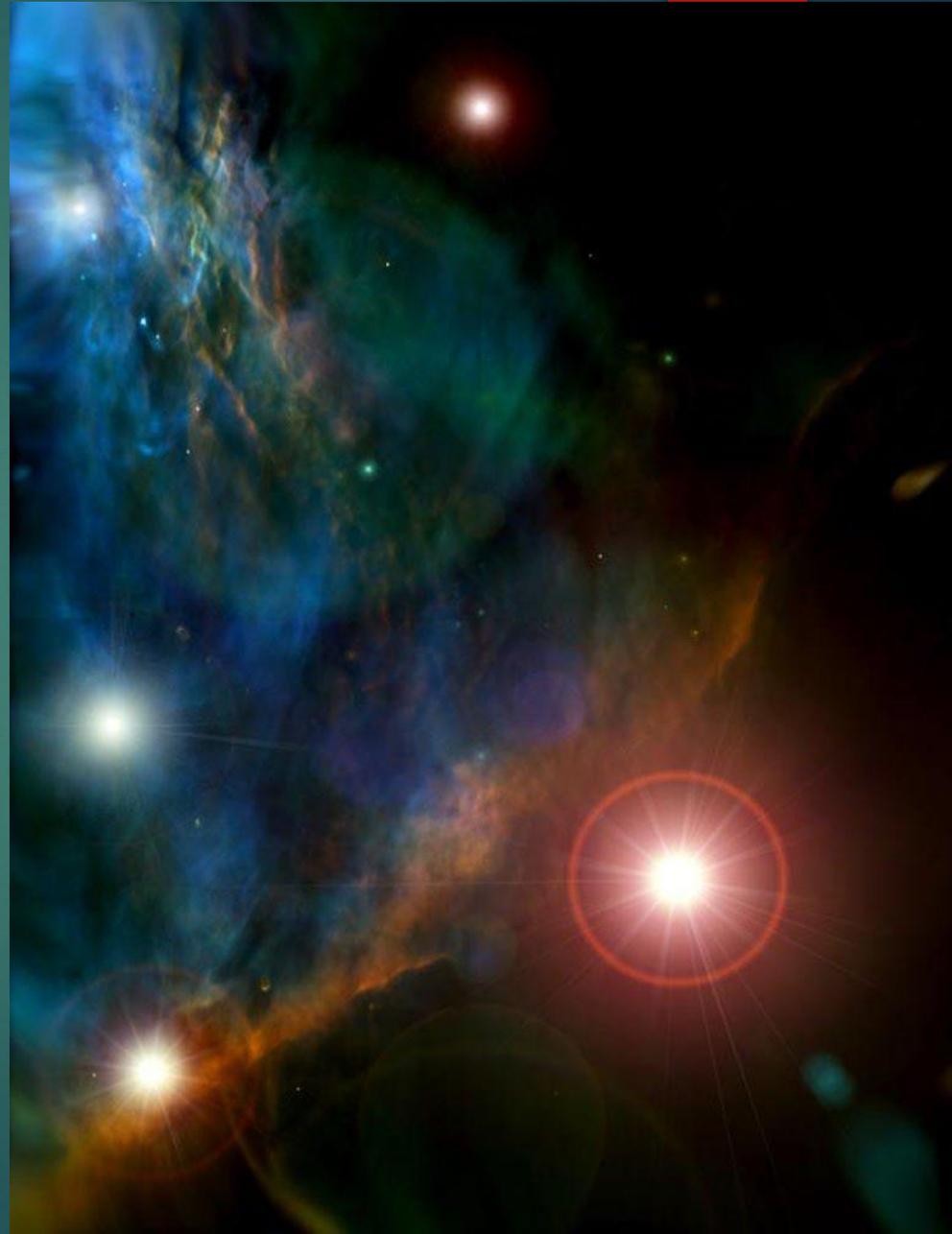
Ближайшее крупное скопление галактик находится в созвездии Девы на расстоянии около 20 Мпк. В его составе семь гигантских эллиптических галактик, в т. ч. радиогалактика Дева А, десять гигантских спиральных галактик, из которых ярчайшая – "Сомбреро". Всего в скопление входит около 200 галактик высокой и средней светимости.



Метагалактика

Совокупность галактик всех типов, квазаров, межгалактической среды образует Метагалактику – доступную наблюдениям часть Вселенной. Метагалактика, как и составляющие её системы, имеет специфические свойства, особенности структуры и следует собственным закономерностям развития.

Красное смещение отражает, по сути дела, одно из важнейших свойств Метагалактики. Смещение линий в спектрах галактик в сторону длинных волн связано с увеличением размеров Метагалактики - "разлётом" скоплений галактик.





3. Экзопланеты. Миры для жизни человечества

Экзопланеты. Характеристика и описание.

Экзопланетами, или внесолнечными планетами называют планеты, которые не относятся к Солнцу. Они находятся вне пределов Солнечной системы, обращаясь вокруг своих собственных светил. Учеными на сегодняшний день открыто более 3 тысяч экзопланет. В нашей галактике экзопланет около 100 миллиардов, и из них планет, подобных Земле, может быть от 5 до 20 миллиардов

Как их ищут и находят

Главным инструментом поиска внесолнечных систем планет на сегодняшний день служит спутник «Кеплер», имеющий сверхчувствительный фотометр. Его единственное предназначение – поиск планет у других звёзд, ведь экзопланета — надежда на то, что мы не одиноки во Вселенной. За четыре года работы телескопа обнаружено более 3500 кандидатов, из которых подтверждены 246 объектов. Некоторые из них имеют вполне земные размеры



Миры для жизни человечества

Kepler-186

f

Эта планета отыскалась в системе звезды Kepler-186 созвездия Лебедь. По своим размерам Kepler-186f схожа с Землёй. Поверхность её твёрдая, но ни массу, ни состав планеты пока определить не удалось. Обращаясь вокруг своего светила за 130 земных суток, экзопланета получает энергии от звезды примерно одну треть от получаемой нашей планетой. Самое значимое в этом открытии именно то, что доказано существование планет земных размеров, орбиты которых расположены в «зоне жизни»

Kepler-186f



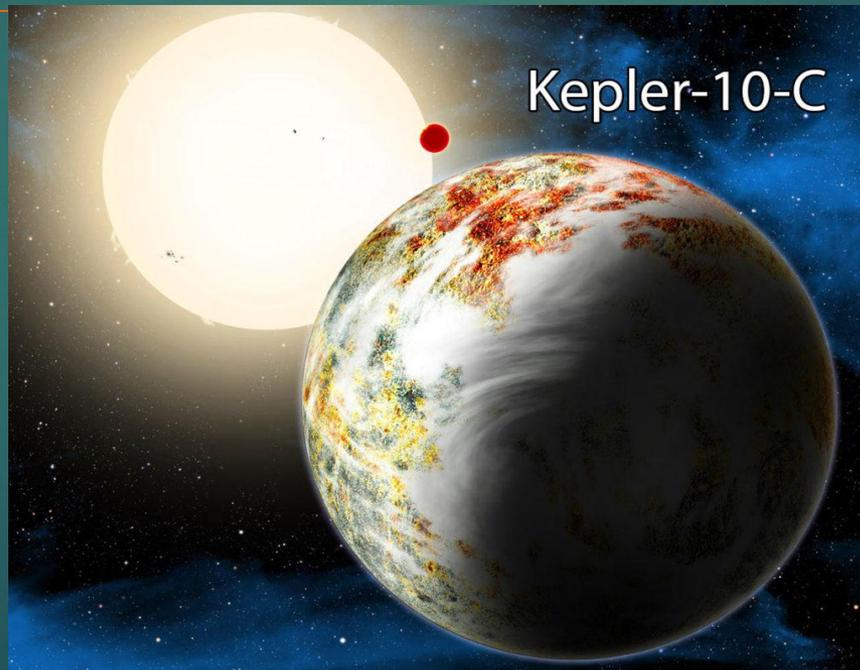
Земля



Kepler-10-

С

Данная планета из класса «суперземель» обнаружена в созвездии Дракон. «Суперземлями» называют планеты, имеющие массы не более 10 земных. Её солнце – жёлтый карлик возраста 12 млрд. лет. Вычисленная масса планеты составила 17 масс Земли, но поверхность её твёрдая. По радиусу она больше нашей планеты всего в 2 – 3 раза и имеет возраст около 12 млрд. лет. Это свидетельствует, что во втором-третьем миллиардолетиях Вселенной уже могли образовываться скалистые планеты.

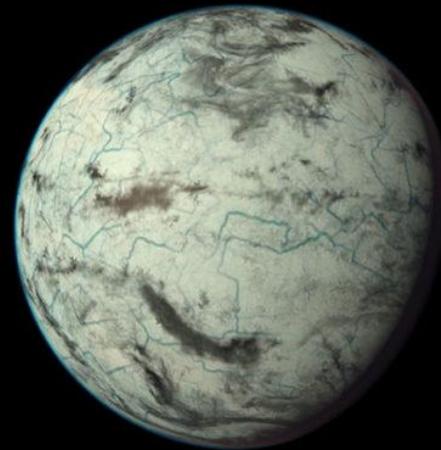


Картеун b

В созвездии Живописца возле Картеун, обнаружена старейшая экзопланета Картеун b. Она примерно в 2,5 раза древнее нашей планеты, но массой больше в 5 раз. Поскольку суперземля находится в зоне обитаемости, на ней вероятно наличие жидкой воды. А это необходимое условие для возникновения жизни. Не исключается наличие атмосферы на планете, а температурные параметры оцениваются от -50°C на ночной стороне до 10°C на дневной. Продолжительность местного года 48 суток. **Учитывая все особенности, Картеун b вполне может быть обитаемой.**



Земля



Картеун b

KOI-3284.0

Если бы у человечества была возможность отправиться на поиски жизни в любую точку галактики, миссия бы скорее всего была бы отправлена именно на эту экзопланету. KOI-3284.01 равен **0.90**, что является второй наивысшей оценкой на сегодняшний день. Остальные показатели также свидетельствуют о крайне высокой схожести. Примечательно сразу по нескольким факторам: во-первых, это одна из двух известных силикатных планет размером с Землю, находящихся в обитаемой зоне своей звезды; во-вторых, она вращается вокруг желтого карлика; в-третьих, на ее поверхности по всей видимости есть жидкая вода, а атмосфера состоит примерно из тех же газов, что и земная; в-четвертых, средняя температура ее поверхности равна $17.3\text{ }^{\circ}\text{C}$.



KOI-3010.0

KOI-3010.01 - еще один кандидат в экзопланеты телескопа Кеплер. Эта планета имеет еще более высокое значение индекса подобия Земле (ESI) - **0,96**. Все ключевые характеристики жизни пригодности невероятно схожи с земным. Так, например, результаты спектрального анализа атмосферы KOI-3010.01 говорят о ее практически аналогичном составе, а средняя температура на поверхности составляет $19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. KOI-3010.01 как и большинство пригодных для жизни миров относится к классу суперземель (планет с массой от 2 до 10 земных). Состоит она из силикатных пород и железа. Ее поверхность частично покрыта океанами и морями. Находится KOI-3010.01 на расстоянии 1213 световых лет от нас.



Глизе 667 С С



Глизе 667 С с - экзопланета, сошедшая со страниц книг научно-фантастического жанра. Она и еще 5 (+ еще одна не подтвержденная) других планет вращается вокруг красного карлика Глизе 667 С. Сама Глизе 667 С с, как и две других ближайших к материнской звезде экзопланеты постоянно находятся в приливном захвате, т.е. всегда обращены к своему светилу одной стороной. Однако на темной, неосвещенной стороне этих экзопланет практически не бывает ночи - их освещают звезды А и В. Масса Глизе 667 С с примерно 3,8-4,4 земных, диаметр - 1,5-1,8. Температура около 27 °С. Поверхность окутана океанами. Один оборот вокруг светила происходит за 28 суток.

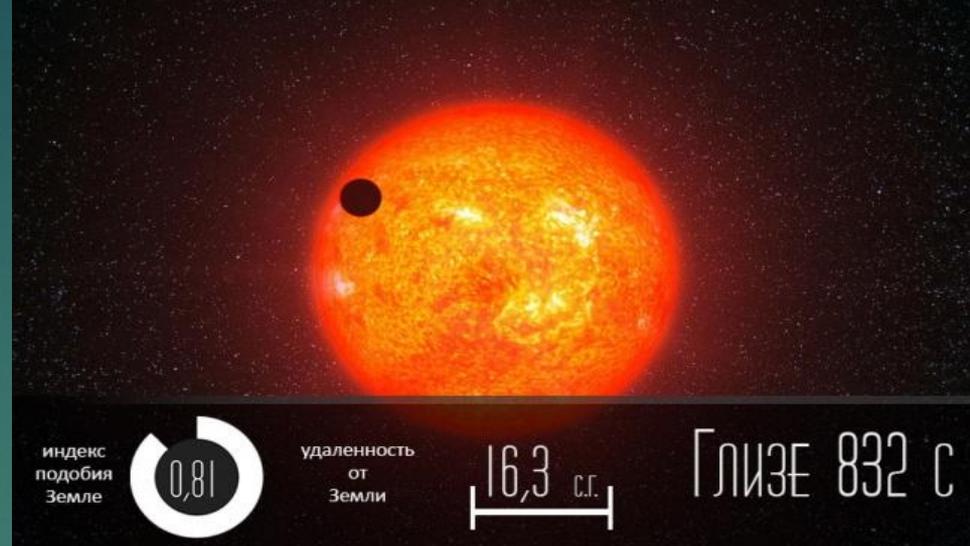
Kepler-62e



Планетная система Kepler-62 состоит из 5 экзопланет, две из которых находятся примерно в центре обитаемого пояса оранжевого карлика. В общем эти две планеты являются близнецами, но орбита первой расположена несколько ближе к звезде, соответственно климат здесь теплее, а также несколько меньше, потому и является более привлекательной. Kepler-62e подобно Земле состоит из камня и железа, но ее поверхность всецело покрывает океан, превращая ее в настоящий водный мир.

Еще одна интересная особенность пары Kepler-62e и Kepler-62f - качающаяся ось вращения, из-за чего разница между дневной и ночной температурами может достигать весьма ощутимых значений: +40-50 °C днем, 0-10 °C ночью. Индекс подобия Земле равен **0,83**. Удаленность - 1200 световых лет.

Глизе 832 с



Самая близкая к Солнечной системе жизнепригодная экзопланета находится в созвездии журавля на расстоянии всего 16,3 световых года, это Глизе 832 с. Центром ее родной звездной системы является звезда спектрального класса красный карлик, которая более чем в 2 раза меньше и легче Солнца, соответственно и светимость меньше примерно в 1000 раз. Однако из-за мало удаленной орбиты .Глизе 832 с получает лишь немногим меньшее количество света и тепла в сравнении с нашей планетой. Моделирование показывает, что средняя температура на ее поверхности составляет около -20°C , но это значение довольно сильно изменяется в зависимости от времени года. Глизе 832 с также относится к разряду суперземель, ее масса составляет порядка 5,4 земных. Атмосфера по всей видимости довольно плотная, ее средние слои всегда заполнены массивными паросодержащие облаками.

Заключение

Поистине, обнаруженные планеты других звёзд являются одним из самых значительных достижений науки последних десятилетий. Разрешилась загадка, очень долго не дававшая покоя исследователям: другие планеты во Вселенной существуют! Наша Солнечная система отнюдь не уникальна, а является закономерным процессом формирования планет вокруг своих звёзд. И планетные системы имеют схожие параметры. Уникальна Солнечная система пока только в одном: до настоящего момента не удалось обнаружить миры, в которых зародился разум. Или всё-таки побеждают скептики, верящие в исключительную уникальность Земли, или ещё слишком мало данных о возможных космических оазисах. Да и приборы не обладают достаточным совершенством для глобальных открытий. Тем не менее, экзопланеты – первая, но наверняка не последняя ступенька лестницы познаний космоса