В 20-х гг. XX в. было установлено, что объекты, называвшиеся ранее эллиптическими и спиральными туманностями, находятся за пределами нашей Галактики и являются самостоятельными звёздными системами — галактиками (по числу входящих в них звёзд они не уступают нашей звёздной системе). Изучение строения галактик, их распределения и движения в пространстве имеет решающее значение для понимания законов эволюции всей части наблюдаемой нами Вселенной.

Число галактик, доступных наблюдениям в крупнейшие телескопы, достигает десятков миллиардов.

Несмотря на исключительное многообразие внешнего вида, большинство галактик всё же можно объединить в несколько основных типов: эллиптические, спиральные, неправильные.

Эллиптические галактики — галактики, имеющие вид кругов или эллипсов.

Их яркость плавно уменьшается от центра к периферии. Никакой внутренней структуры у этих галактик нет. Наблюдения показывают, что эти галактики не вращаются, в них очень мало газа и пыли. Массы самых крупных эллиптических галактик достигают 1013Мо.

Спиральные галактики — дискообразные вращающиеся галактики, состоящие из ядра, диска и нескольких спиральных рукавов, или ветвей.

У обычных спиральных галактик эти ветви отходят непосредственно от ядра. У пересечённых спиральных галактик ядро пересекается по диаметру поперечной полосой — перемычкой (баром). От концов

этой перемычки и начинаются спиральные ветви. Так, одна из ближайших к нам звёздных систем, Туманность Андромеды, является спиральной галактикой, а галактика NGC1300 — спиральной галактикой с перемычкой (см. соответственно рис. XIX, XVIII на цветной вклейке). Считается, что наша Галактика похожа на Туманность Андромеды.

Спиральные галактики вращаются, в них много газа и пыли, которые концентрируются к плоскости галактики в спиральных рукавах, в них много молодых горячих звёзд спектральных классов О и В. Эти звёзды возбуждают свечение диффузных газовых туманностей, разбросанных вместе с пылевыми облаками вдоль спиральных ветвей. Обилие газово-пылевых облаков и присутствие в них голубых звёзд спектральных классов О и В говорят об активных процессах звёздообразования, происходящих в спиральных рукавах этих галактик. Массы спиральных галактик составляют от Ю10 до 1012Мо.

Неправильные галактики — галактики неправильной формы, у которых отсутствует чётко выраженное ядро и не обнаружено вращение.

Примерами неправильных галактик служат Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако — самые близкие к нам галактики, видимые невооружённым глазом в Южном полушарии неба, вблизи Млечного Пути. Эти две галактики являются спутниками нашей Галактики.

Специальный класс галактик представляют взаимодействующие галактики. Обычно это двойные галактики, между которыми наблюдаются светлые перемычки, хвосты и т. д.

Активные галактики и квазары.

Активные галактики — галактики, в ядрах которых происходят бурные процессы.

Так, в галактике М87 в созвездии Девы наблюдается яркий выброс вещества со скоростью около 3000 км/с, масса этого выброса составляет примерно 10°MG. Эта галактика оказалась мощным источником радиоизлучения.

Радионаблюдения галактик показали, что большинство из них являются слабыми источниками радиоизлучения, основная доля их излучения приходится на свет звёзд галактики. Однако существуют такие галактики, радиоизлучение которых не только сравнимо, но и значительно превышает их оптическое излучение. Эти галактики получили название радиогалактик. На рисунке XVI цветной вклейки показана фотография одной из мощнейших радиогалактик — Центавр А. На фотографии видно, что галактика пересечена мощной полосой поглощающего вещества.

Анализ свойств радиоизлучения показывает, что оно вызывается облаками горячей плазмы, выброшенной из ядра галактики. Облака горячей плазмы движутся со скоростью, близкой к скорости света.

Ещё более мощными источниками радиоизлучения являются квазары.

Квазары — квазизвёздные (похожие на звёзды) радиоисточники — компактные ядра галактик, характеризующиеся мощнейшим радиоизлучением.

Примером такого источника является ближайший к нам квазар С273 в созвездии Девы. Его светимость достигает 1012Lo. Светимости большинства квазаров в десятки и сотни раз превышают светимости обычных галактик.

Квазары являются также мощными источниками инфракрасного, рентгеновского и гамма-излучений. А вот размеры квазаров оказались небольшими, около 1 а. е., т. е. сравнимы с размерами Солнечной системы. Тщательные исследования показали, что квазары представляют собой активные ядра галактик, структура которых пока недоступна современной технике наблюдений.

По современным представлениям в ядрах галактик, как и в ядре нашей Галактики, находятся массивные чёрные дыры. Поэтому наиболее разработанной моделью квазара является модель с массивной чёрной дырой, расположенной в центре определённого типа галактик с высокой звёздной плотностью. Длительное и мощное энерговыделение может быть полностью объяснено выпадением вещества галактики на чёрную дыру. Масса такой чёрной дыры составляет около 108Мо, а её радиус — 3 • 108 км. Находясь в центре галактики с высокой звёздной плотностью, такая чёрная дыра может захватывать целые звёзды. Для обеспечения наблюдаемой светимости квазаров достаточно, чтобы чёрная дыра захватывала хотя бы одну звезду в год. При высоких плотностях звёзд в ядрах галактик такие частые захваты звёзд чёрной дырой вполне реальны.

В обычных галактиках плотности звёзд в ядре невелики, поэтому такие захваты звёзд редки, и мы не видим проявлений большой активности у обычных галактик.

Скопления галактик. Известно, что диаметр нашей Галактики достигает почти 30 кпк (100 ООО св. лет), диаметр галактики Андромеды (М31) — 40 кпк. Расстояние от нас до Туманности Андромеды составляет 670 кпк (2 млн св. лет), следовательно, превышает диаметры крупных галактик почти в 20 раз. Среднее же расстояние между звёздами примерно такое же, как между Солнцем и звёздой а Центавра, т. е. около 275 000 а. е., и больше диаметра Солнца (1,5 • 10б км = 0,01 а. е.) примерно в 27,5 млн раз. Таким образом, галактики значительно теснее сближены в пространстве, чем звёзды между собой.

Систематические исследования распределения галактик по небу показали, что наряду с отдельными галактиками наблюдаются скопления галактик. Так, наша Галактика, Туманность Андромеды, Большое и Малое Магеллановы Облака и ещё несколько звёздных систем образуют Местную группу, в которую входят 35 галактик. Галактики Местной группы связаны общим тяготением и движутся вокруг общего центра масс.

Сейчас известно около 4000 скоплений галактик, в которых насчитывается сотни и тысячи звёздных систем. В среднем диаметры скоплений близки к 8 Мпк (26 млн св. лет). Одним из наибольших является скопление галактик в созвездии Волосы Вероники. Оно находится на расстоянии около 70 Мпк от нас. В этом богатом скоплении насчитывается около 40 000 галактик.

Наш Млечный Путь вместе с Местной группой галактик расположен на окраине скопления галактик, центр которого находится в созвездии Девы.

В скоплениях галактики расположены близко друг к другу, поэтому между ними часто происходят столкновения, приводящие к их слиянию. Образовавшаяся более крупная галактика чаще сталкивается с другими, поглощая их. Этот процесс слияния астрономы назвали каннибализмом галактик. Таким образом образовались самые крупные галактики в скоплениях, такие, как гигантская эллиптическая галактика М81, находящаяся в центре богатого скопления галактик в созвездии Девы. А радиогалактику Центавр А, показанную на рисунке XVI цветной вклейки, мы наблюдаем непосредственно в процессе столкновения.

Наблюдения показали, что скопления распределены в пространстве неравномерно, они собраны в сверхскопления вытянутой формы, содержащие десятки скоплений галактик. Размеры сверхскоплений достигают сотен миллиардов световых лет.

Красное смещение в спектрах галактик и закон Хаббла. Свет галактик в основном представляет собой суммарный свет миллиардов звёзд и газа. Для изучения физических свойств галактик астрономы используют методы спектрального анализа света.

Наблюдения показывают, что линии в спектрах всех известных галактик смещены к красному концу спектра.

Явление смещения линий в спектрах всех известных галактик к красному концу спектра называется красным смещением.

При этом отношение смещения спектральной линии АХ = X - Х0 к длине волны Х0 оказалось для всех линий одинаковым в спектре данной галактики.

Отношение г = — = — , где Х0 — длина волны спектральной линии, наблюдаемой в лаборатории, характеризует красное смещение.

Общепринятая в настоящее время интерпретация этого явления связана с эффектом Доплера, согласно которому смещение спектральных линий вызвано движением (удалением) излучающего объекта (галактики) со скоростью v по направлению от наблюдателя. При малых красных смещениях (2 1) скорость объекта может быть найдена по формуле Доплера:

После того как были найдены расстояния до галактик, а по красному смещению — их скорости, известный астроном Э. Хаббл установил интересную зависимость, названную законом Хаббла.

Скорости удаления галактик возрастают прямо пропорционально расстояниям до них:

В этой формуле коэффициент пропорциональности Н называется постоянной Хаббла. Её числовое значение зависит от выбранных единиц величин. Если в законе Хаббла скорость

выражена в километрах в секунду, а расстояние — в мегапарсеках, то постоянная Хаббла Н ~ ~ 70 км/(с • Мпк).

Используя закон Хаббла, удаётся измерить расстояния до галактик по их красному смещению.

Так, самый близкий к нам квазар 3C273 имеет красное смещение 2 = 0,158. Это означает, что он удаляется от нас со скоростью v = сг = = 3 • 105 • 0,158 = 47 400 (км/с). Из закона Хаббла следует, что расстояние до него г = v/H 680 Мпк = = 2,2 млрд св. лет.