

Конспект урока "Другие звёздные системы — галактики"

В нашей звёздной системе находится около 200—400 миллиардов звёзд и ярких туманностей. Из числа этих объектов в состав Галактики не входит лишь слабо заметное туманное пятно, видимое в созвездии Андромеды и напоминающее по форме пламя свечи. В 1924 году Эдвин Хаббл с помощью крупнейшего телескопа того времени обнаружил, что туманность Андромеды находится от нас на расстоянии более двух миллионов световых лет и представляет собой систему из огромного числа звёзд.



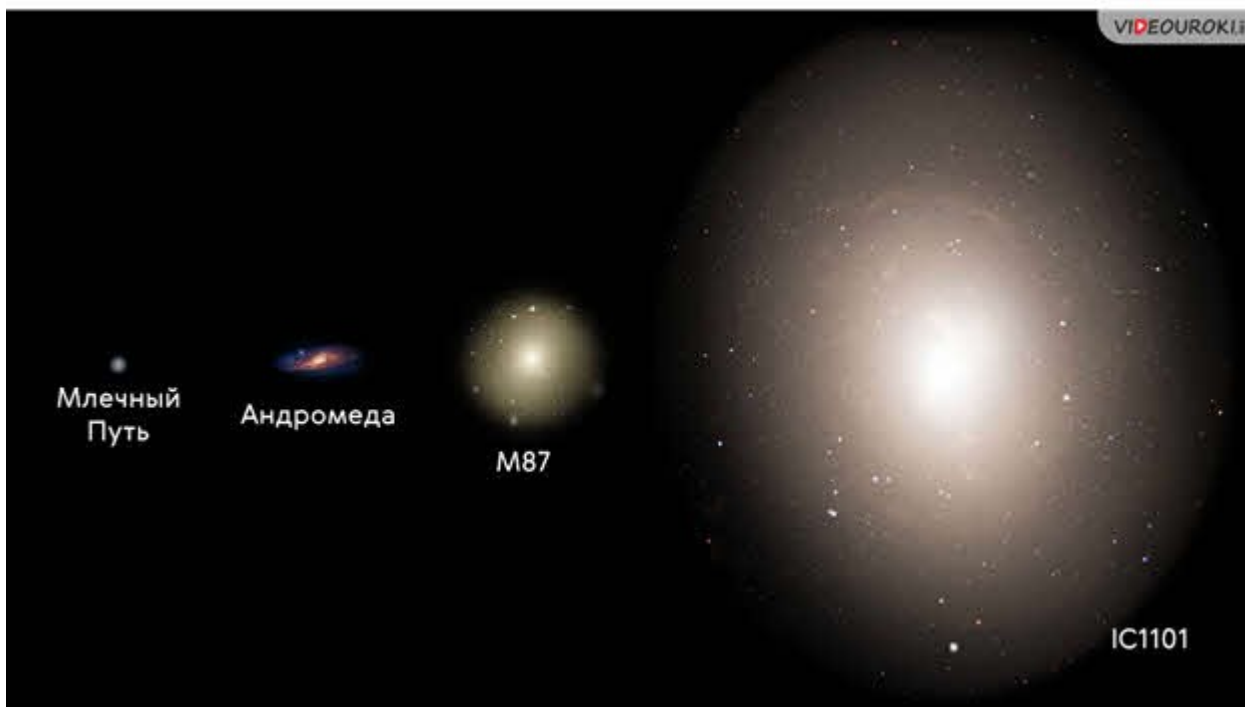
Галактика Андромеды
в инфракрасном спектре

Последующее изучение других известных на то время туманностей показало, что все они также являются удалёнными гигантскими звёздными системами. Так были открыты новые объекты Вселенной — галактики.

В настоящее время под **галактиками** понимают гигантские гравитационно-связанные системы звёзд и межзвёздного вещества, расположенные вне нашей Галактики.

Интересно, что к началу 90-х годов XX века астрономам было известно всего около 30 галактик. Однако после запуска космического телескопа «Хаббл» и ввода в строй 10-метровых наземных телескопов число известных галактик резко возросло. И хотя их точное количество во Вселенной до сих пор неизвестно, но, по всей видимости, их порядка двух триллионов.

Диаметр большинства известных галактик колеблется от 5 до 250 килопарсек. Но есть среди них и супергиганты, как, например, галактика IC 1101. Она имеет диаметр более 600 килопарсек. И на 2017 год являлась самой большой из известных галактик.



Глядя на фотографии удалённых галактик нетрудно заметить, что они отличаются большим многообразием.

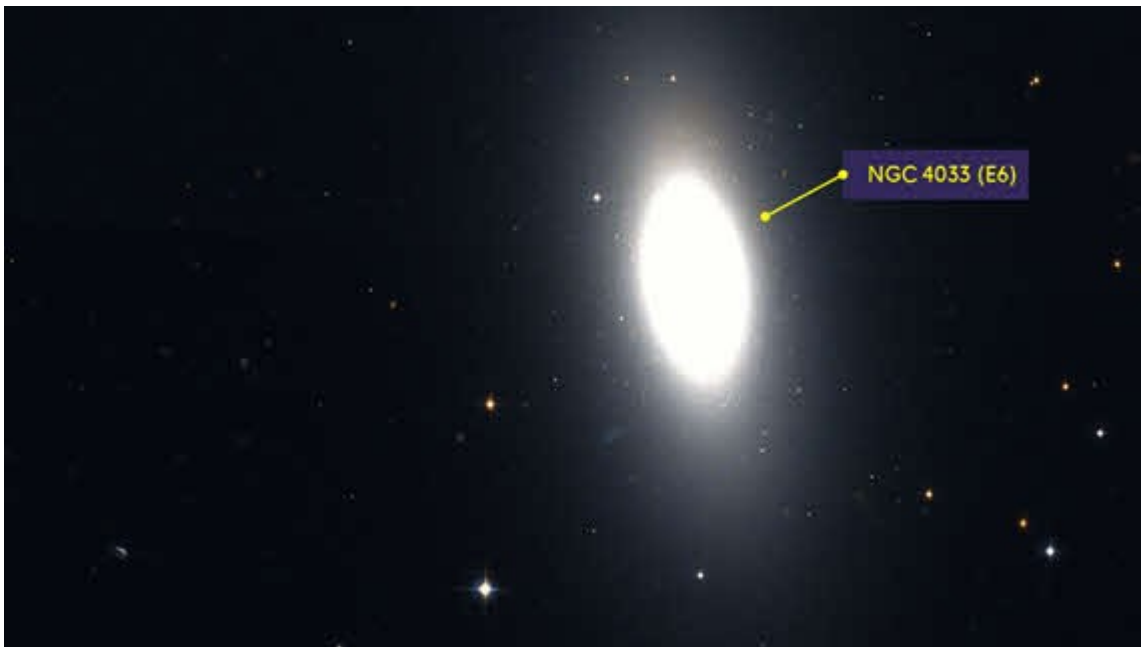
В 1936 году Эдвин Хаббл предложил классифицировать галактики по внешнему виду. Согласно этой классификации, существует четыре основных вида галактик: эллиптические галактики (тип E), линзовидные галактики (тип S0), спиральные галактики (тип S) и неправильные галактики (Irr).



Эллиптические галактики — это класс галактик с хорошо выраженной сферической или эллипсоидной структурой. Наибольшее число звёзд в таких галактиках располагается вблизи её центра и плавно убывает к краю. Эллиптические галактики содержат только

жёлтые и красные звёзды, практически не имеют газа, пыли и молодых звёзд высокой светимости.

По внешнему виду эллиптические галактики отличаются друг от друга в основном одной чертой — большим или меньшим сжатием. В связи с этим Хаббл предложил к буквенному обозначению галактики добавлять цифру от нуля до семи, которая характеризует эксцентриситет эллипса. Так, например, галактики E0 имеют практически шарообразную форму, а E7 — заметно вытянутую. Однако следует помнить, что число показывает не реальную форму галактики, а лишь её проекцию на небесную сферу.



Одним из основных типов галактик являются **спиральные галактики**. На их долю приходится около 55 % от общего числа всех изученных галактик. Они представляют собой сильно сплюснутые системы с центральным уплотнением — балджем, (в котором находится ядро галактики) — и заметной спиральной структурой. Диск спиральной галактики окружён большим сферическим гало. Оно состоит в основном из старых звёзд, сосредоточенных в шаровых скоплениях.

Спиральная
галактика M106



Спиральные же рукава представляют собой области активного звездообразования и состоят по большей части из молодых горячих звёзд.

В зависимости от того, насколько плотно расположены рукава галактики, к её обозначению добавляются малые латинские буквы от a до d.

Примерно 2/3 спиральных галактик имеют в центральной части почти прямую звёздную перемычку — **бар**. Поэтому такие галактики стали называть **спиральными галактиками с перемычкой**.

Бар состоит в основном из ярких звёзд и пересекает галактику посередине. Спиральные ветви в таких галактиках начинаются на концах перемычек. Тогда как в обычных спиральных галактиках они выходят непосредственно из ядра.

В своей классификации Эдвин Хаббл типизировал такие галактики, как SB и подразделил их на три подкатегории — в зависимости от того, насколько плотно скручены спиральные ветви.

Как вы, наверное, догадались, наша Галактика является спиральной с перемычкой.



Промежуточным типом между спиральными и эллиптическими галактиками являются **линзовидные (или линзообразные) галактики**. Внешне они очень похожи на эллиптические (если видны плашмя), но имеют сплюснутый звездный диск. По структуре же они подобны спиральным галактикам, однако в них отсутствует плоская составляющая и очень слабо выражены спиральные ветви. Поэтому частота формирования звезд в них понижена. В результате линзовидные галактики состоят в основном из очень старых звезд.



И последний тип — это **неправильные галактики**. К ним относятся маломассивные галактики неправильной структуры. Чаще всего такие галактики имеют хаотичную форму без ярко выраженного ядра и спиральных ветвей. Но в них очень много межзвёздного газа —

до 50 % от массы галактики. Поэтому в таких галактиках очень много молодых звёзд высокой светимости и областей ионизированного водорода.



Расстояния до ближайших галактик определяют по оценкам видимых звёздных величин цефеид:

$$\lg D = 0,2(m - M) + 1.$$

Но для большинства далёких галактик такой метод не подходит. Однако ещё в 1912—1914 годах американский астроном Весто Слайфер заметил, что линии в спектрах далёких галактик смещены относительно их нормального положения в сторону красного конца спектра. В соответствии с эффектом Доплера это означало, что расстояние между наблюдателем с Земли и галактиками увеличивается.

Позже Эдвин Хаббл определил расстояния до некоторых галактик и их скорости. Из наблюдений следовало, что чем дальше от нас находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется. При этом между этими величинами существует весьма простая линейная зависимость, которая получила название **закона Хаббла**.

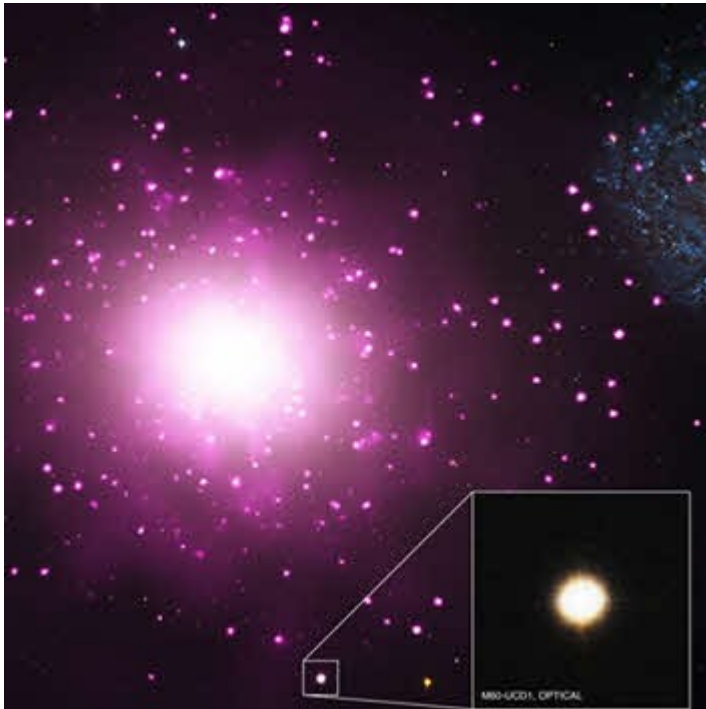
$$v_r = Hr.$$

В записанной формуле H — это постоянная Хаббла. Она показывает, на сколько километров в секунду возрастает скорость галактик с увеличением расстояния до них на один мегапарсек (1 Мпк).

Постоянная Хаббла не является константой, то есть она изменяется со временем. Но термин «постоянная» оправдан тем, что в каждый данный момент времени во всех точках Вселенной постоянная Хаббла одинакова. По оценкам на 2016 год, она примерно равна $66,93 \pm 0,62$ (км/с)/Мпк.

Закон Хаббла дал возможность определить расстояние до наиболее далёких объектов во Вселенной.

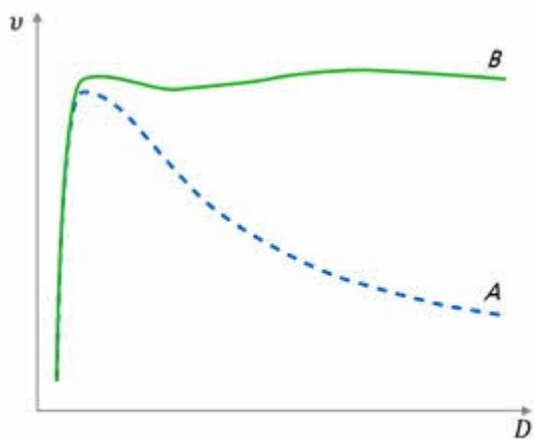
Интересно, что благодаря этому закону в 1999 году Стивен Филлипс из Бристольского университета открыл новый тип **ультракомпактных карликовых галактик**. Это класс очень компактных галактик с крайне высокой плотностью звёздного населения. Их раньше упускали в связи с тем, что во время наблюдения из обычного телескопа они напоминают типичные отдельные звёзды находящиеся внутри нашей Галактики.



Большинство галактик группируются в скопления, которые принято делить на правильные и неправильные.

Правильные скопления в большинстве своём похожи на шаровые скопления звёзд. То есть для них характерна сферическая симметрия с сильной концентрацией галактик к центру. Типичное скопление такого типа наблюдается в созвездии Волосы Вероники и насчитывает несколько десятков тысяч галактик.

В 1933 году американский астроном Фриц Цвикки измерил радиальные скорости 8 галактик в этом скоплении и обнаружил, что для устойчивости скопления приходится предположить, что его полная масса в десятки раз больше, чем масса входящих в него звёзд. А изучение галактики Андромеды показало, что вращение звёзд вокруг её центра не уменьшается, как предсказывает небесная механика, а остаётся почти постоянной.



**Кривая вращения галактики:
A — ожидаемая, B — реальная**

Это могло означать, что галактика на всём своём протяжении содержит значительную массу невидимого вещества, называемого **скрытой массой** или **тёмной материей**.

Установлено, что на роль тёмной материи не подходят ни газ, ни слабосветящиеся звёзды, ни другие объекты, состоящие из обычного вещества (протонов, нейтронов и электронов). Возможно, тёмная материя состоит из элементарных частиц, подобных нейтрино, слабо взаимодействующих с обычным веществом.

Иногда концентрация галактик в скоплениях бывает так велика, что они могут взаимодействовать друг с другом силами гравитации. Такие галактики принято называть **взаимодействующими**. Их гравитационное взаимодействие вызывает значительное изменение формы галактик.



Даже наша Галактика является взаимодействующей. В настоящий момент она поглощает одну карликовую галактику, находящуюся на противоположной от нас стороне галактического диска. Через несколько миллиардов лет она «проглотит» Магеллановы Облака, а через 4 миллиарда лет столкнётся с галактикой Андромеды. В результате

столкновения в течение примерно 1—2 миллиардов лет галактики сольются в одну гигантскую звёздную систему.

У большинства галактик можно выделить яркую центральную часть — ядро. Эта область отличается большой звёздной плотностью и яркостью. В ядрах некоторых галактик происходит колоссальное выделение энергии, которое нельзя объяснить излучением или взрывами обычных звёзд. Такие галактики получили название **галактик с активными ядрами**. Их активность проявляется по-разному. Например, это может быть большая мощность излучения в коротковолновых областях спектра или же мощные выбросы струй газа — **джеты**.



В 1960 году во время радиообзора неба Аллан Сандэйж и Томас Мэттьюс обнаружили объект, который сильно напоминал активные ядра галактик. Но при этом в небе он выглядел как обычная звёздочка 13 звёздной величины. Изучение спектра объекта показало наличие в нём ярких линий излучения, которые напоминают спектры газовых туманностей, а сами линии были сильно смещены в красную область спектра, как в спектрах далёких галактик. Так были открыты **квazarы** — класс астрономических объектов, являющихся одними из самых ярких в видимой Вселенной. Их мощность излучения в десятки, а иногда и в сотни раз превышает суммарную мощность всех звёзд таких галактик, как наша.

Природа активности радиоизлучения квазаров точно пока не установлена. По одной из теорий, они представляют собой галактики на начальном этапе развития. А источником излучения является аккреционный диск сверхмассивной чёрной дыры, находящейся в центре галактики.