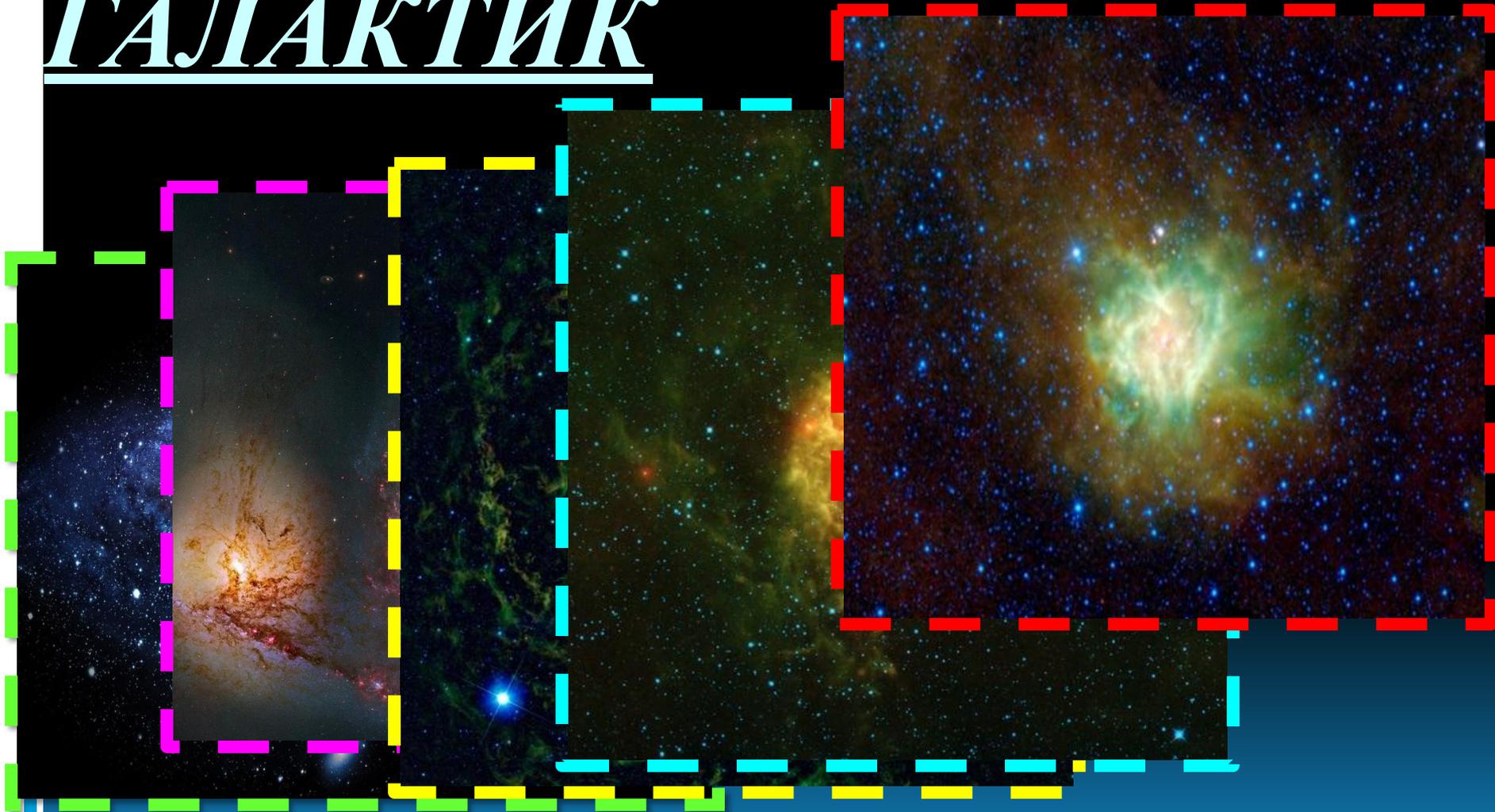


# КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИК

- Цели урока:
1. Классификация галактик по форме.
  2. Как определить расстояние до галактик по красному смещению.
  3. Закон Хаббла.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЛАКТИК





- **Галактикой** называется большая система из звезд, межзвездного газа, пыли, темной материи и, возможно, темной энергии, связанная силами гравитационного взаимодействия. Количество звезд и размеры галактик могут быть различными. Как правило галактики содержат от нескольких миллионов до нескольких триллионов (1 000 000 000 000) звезд. Кроме обычных звезд и межзвездной среды галактики также содержат различные туманности. Размеры галактик от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч световых лет. А расстояние между галактиками достигает миллионов световых лет.
- В центрах многих ярких галактик имеется сгущение, называемое ядром, а внутри ядер некоторых галактик имеются ядрышки – керны. Природа ядер резко отличается от природы остальных частей галактик. В них наблюдаются активные процессы, связанные с выделением энергии. Известны галактики с необычайно активными процессами в ядрах.
- Газ в галактиках не только рассеян между звезд, но и образует громадные облака (массой до миллионов масс Солнца), яркие туманности вокруг горячих звезд, плотные и холодные газопылевые туманности. Большие звездные системы имеют массы в сотни миллиардов масс Солнца. Наименьшие из карликовых галактик "весят" всего лишь в 100 тыс. раз больше Солнца. Таким образом, интервал масс у галактик значительно шире, чем у звезд: самые "тяжелые" и самые "легкие" звезды различаются по массе менее чем в 1000 раз.

**ГАЛАКТИЧЕСКАЯ КОРОНА**  
Горячий газ, окружающий Галактику

**ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ОБЛАКО**  
Влетающий сгусток  
сравнительно свежего газа

**ДИСК ГАЛАКТИКИ**  
Сплюснутая система  
звезд, газа  
и пыли

**ПУЗЫРЬ**  
Газ, нагретый  
сверхновыми;  
источник  
«фонтана»

**ОБЛАКО С  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
СКОРОСТЬЮ**  
Остывший газ;  
возвратный поток  
«фонтана»

**БОЛЬШОЕ МАГЕЛЛАНОВО  
ОБЛАКО**  
Галактика – спутник  
Млечного Пути

**МАЛОЕ МАГЕЛЛАНОВО ОБЛАКО**  
Галактика – спутник Млечного Пути

**КАРЛИКОВАЯ СФЕРОИДАЛЬНАЯ  
ГАЛАКТИКА В СТРЕЛЬЦЕ**  
Галактика – спутник Млечного Пути

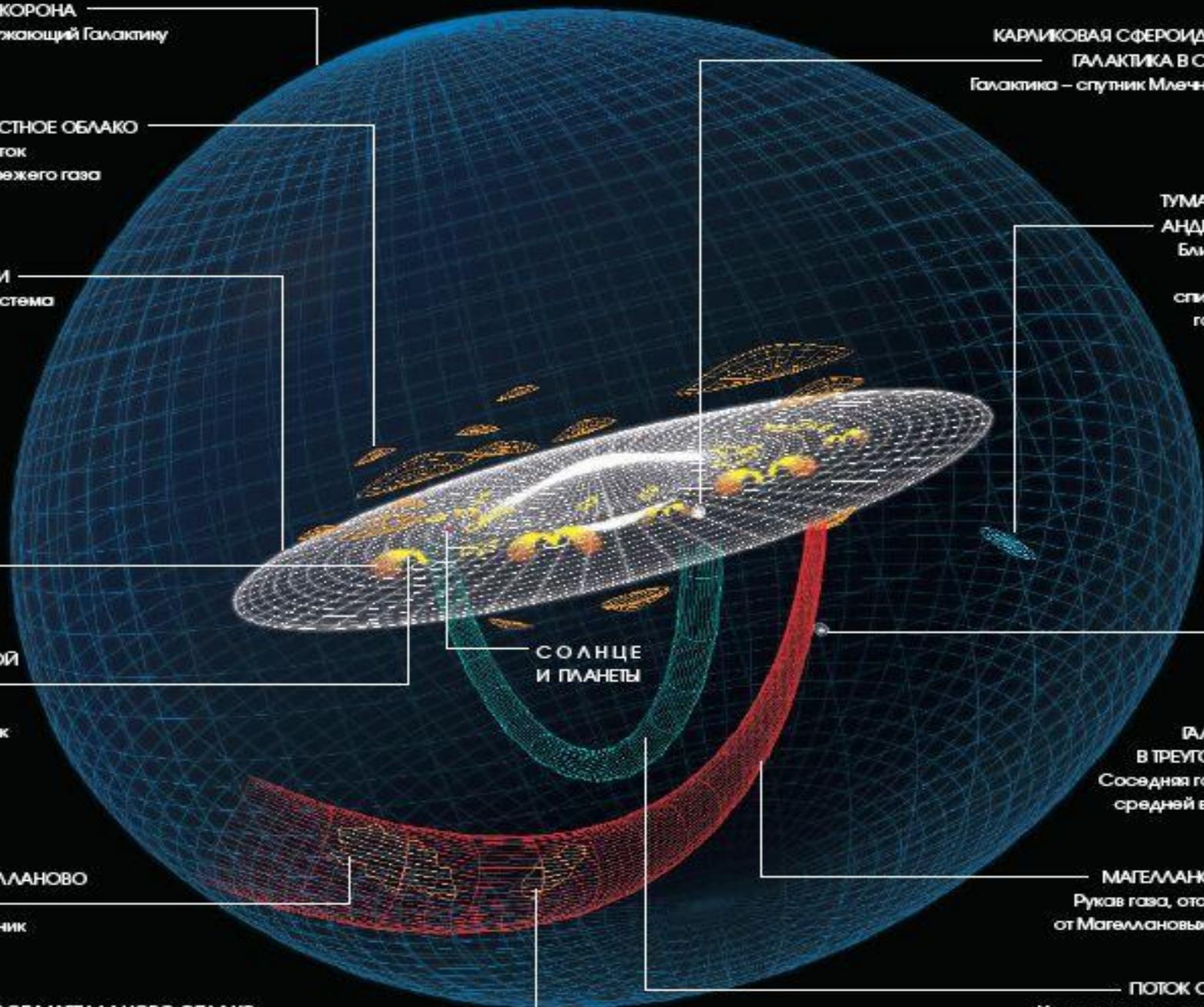
**ТУМАННОСТЬ  
АНДРОМЕДЫ**  
Ближайшая  
крупная  
спиральная  
галактика

**СОЛНЦЕ  
И ПЛАНЕТЫ**

**ГАЛАКТИКА  
В ТРЕУГОЛЬНИКЕ**  
Соседняя галактика  
средней величины

**МАГЕЛЛАНОВ ПОТОК**  
Рукав газа, оторванного  
от Магеллановых Облаков

**ПОТОК СТРЕЛЬЦА**  
«Хвост» из звезд, оторванных  
от карликовой галактики в Стрельце



# Млечный путь

В нашей Галактике около 100 млрд. звезд, большинство из которых сосредоточено в тонком диске диаметром около 100 тыс. световых лет и толщиной около 3 тыс. световых лет. Они обращаются вокруг центра Галактики почти по круговым орбитам. В частности, Солнце несётся со скоростью около 200 км/с. Другие 10 млрд. звёзд образуют галактическое „гало“ — гигантскую сферу, охватывающую диск.

Межзвёздное пространство заполнено газом и пылью, и основная часть этой межзвёздной среды также движется по круговым орбитам вокруг центра Галактики и в ещё большей степени, чем звёзды, сконцентрирована в её диске. Как и в атмосферах планет, межзвёздная среда плотнее всего „на дне“ — в плоскости галактического диска, — и по мере удаления от неё плотность уменьшается. Однако до 10% межзвёздной среды находится вне диска и несётся со скоростями, превышающими орбитальное движение на величину до 400 км/с. Это и есть высокоскоростные облака.

Их история началась в середине 1950-х, когда Гвидо Мюнх (Guido Munch) из Калифорнийского технологического института обнаружил плотные сгустки газа над плоскостью Галактики, где по всем правилам их быть не должно: с удалением от плоскости давление газа падает (как в атмосфере планеты), поэтому сгустки должны быстро рассеиваться. В 1956 г. Лайман Спитцер (Lyman Spitzer, Jr.) из Принстонского университета предположил, что сгустки удерживает от расширения давление горячей газовой короны, окружающей Млечный Путь, — вариант солнечной короны галактического масштаба.

Галактическая Долгота

0°

30°

75 000 св. л.

330°

60 000 св. л.

Рукав Щита-Центавра

45 000 св. л.

Рукав Стрельца

Перемычка

Рукав Лебедя

Дальний Трёхшпоровый Рукав  
Длина Плутона

Земля

Солнце

Рукав Ориона

15 000 св. л.

Рукав Персея

Внешний рукав

30 000 св. л.

120°

240°

150°

210°

180°

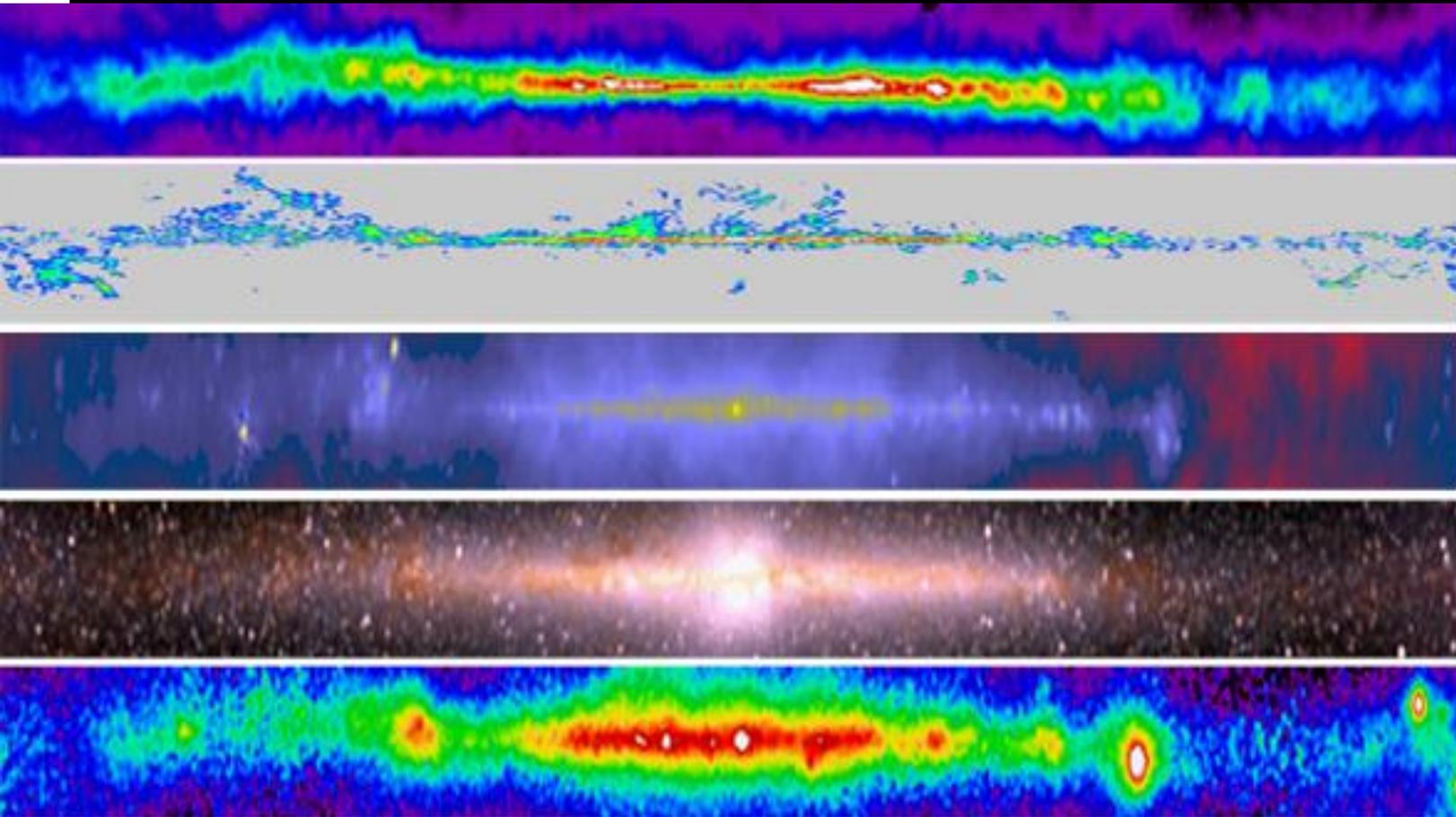
60°

300°

90°

270°

# Галактика излучает во всех диапазонах электромагнитного излучения



Атомарный водород

Угарный газ

Радиодиапазон

ИК-диапазон

Гамма-диапазон

Млечный Путь в различных диапазонах длин волн

# История...

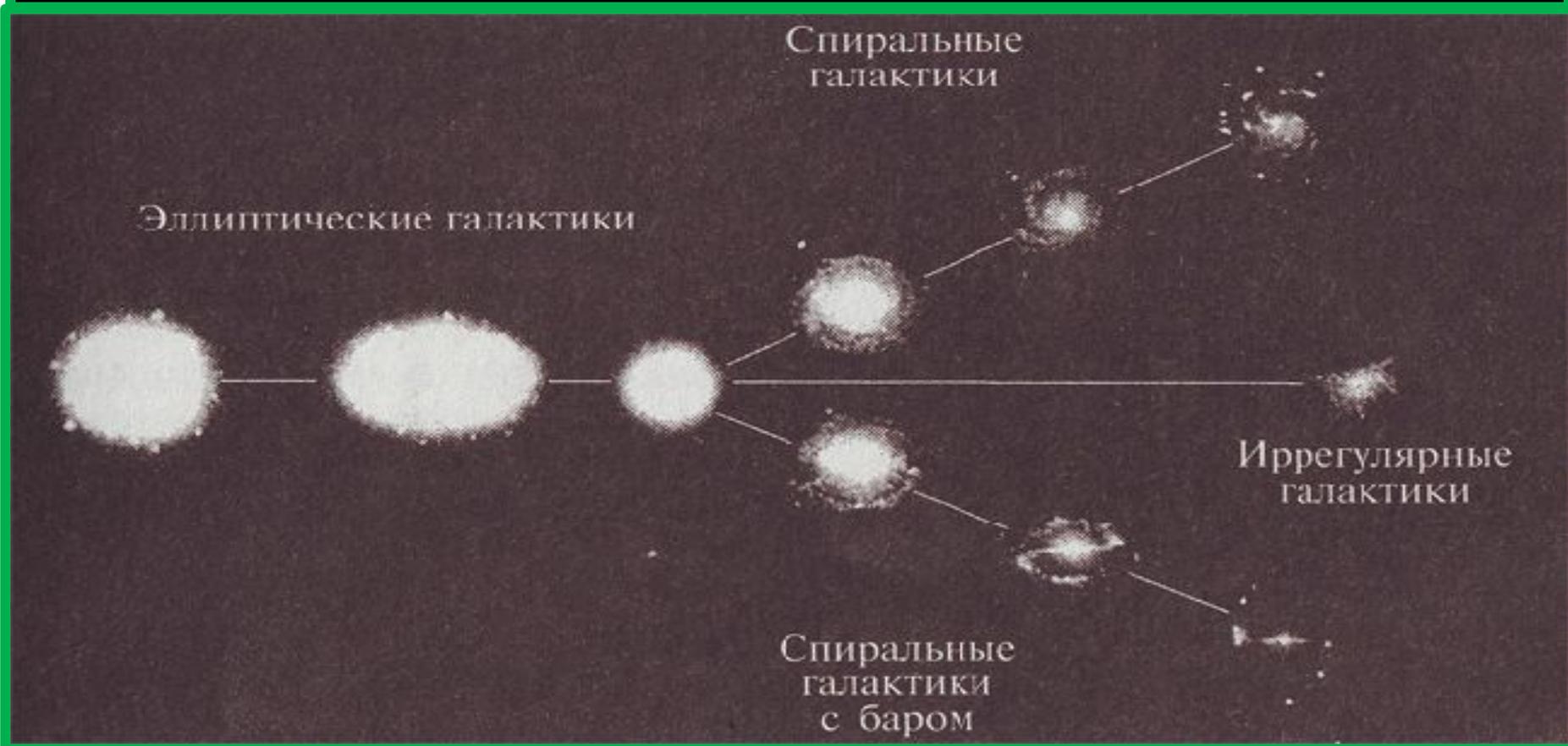
Первую классификацию галактик разработал Эдвин Пауэлл Хаббл, американский астроном в далёком 1925 г. Классификация оказалась столь удачной, что с незначительными изменениями, сделанными самим Хабблом в 1936 г., используется астрономами всего мира и сегодня.



# Виды галактик:

- эллиптические(E),
- линзообразные(S0),
- обычные спиральные(S),
- пересеченные спиральные(SB),
- неправильные (Ir).

Первая классификация галактик - Эдвин Пауэл Хаббл (американский астроном) - 1926 г. Таковую классификацию галактик часто называют камертонной, так как последовательность расположения в ней типов галактик напоминает вилку камертона.



# Эллиптические



Эллиптические галактики  
(тип E) составляют 25% от  
общего числа галактик. Они  
выглядят как нерезкий круг или  
эллипс, яркость которого  
быстро уменьшается от центра  
к периферии. Полагают, что в  
центре ярких эллиптических  
галактик находится массивная  
черная дыра. Размеры галактик  
колеблются от от десятых  
частей до более 100 кпк. Масса  
может достигать  $10^{13}$  М☉



Гигантская  
эллиптическая  
галактика NGC  
11321.

- По форме эллиптические галактики очень разнообразны: бывают как шаровые, так и очень сплюснутые. В связи с этим они подразделены на 8 подклассов – от E0 (шаровая форма, сжатие отсутствует) до E7 (наибольшее сжатие). Размеры больших  $a$  и малых  $b$  осей эллиптических галактик измеряются по фотографиям и по им определяет сжатие галактике:

$$E=10\left(1-\frac{b}{a}\right)$$

- Такие галактики состоят из звёзд следующих типов: старых красных и желтых гигантов, красных, желтых и белых карликов. Образование звезд в галактиках этого типа не идет уже несколько миллиардов лет. Это наиболее простые по структуре галактики. Состоят, преимущественно, из старых звезд. Холодного газа, как и космической пыли в них почти нет, наиболее массивные галактики заполнены очень разреженным горячим газом с температурой более 1 000 000 К, поэтому цвет этих галактик красноватый. Вращение обнаружено лишь у наиболее сжатых из эллиптических галактик. Примером эллиптической галактики служит галактика в созвездии Девы., галактики M32, M87 и M110.







# Спиральные галактики



- Спиральные галактики – составляют около 50 % всех наблюдаемых галактик. Большая часть звезд галактики занимает линзообразный объем (галактический диск). На галактическом диске заметен спиральный узор из двух или более закрученных в одну сторону ветвей или рукавов, выходящих из центра галактики. Различаются два типа спиралей. У одних, подобных нашей Галактике и обозначаемых SA или S, спиральные ветви выходят непосредственно из центрального уплотнения. У других они начинаются у концов продолговатого образования, в центре которого находится овальное уплотнение. Создается впечатление, что две спиральные ветви соединены перемычкой, почему такие галактики и называются пересеченными спиральями; они обозначаются символом SB.

- Спиральные галактики различаются степенью развитости своей спиральной структуры, что в классификации отмечается добавлением к символам S (или SA) и SB букв a, b, c.
- У галактик Sa и SBa основное число звезд сосредоточено в центральном сгущении, а спиральные ветви слабо выражены, или даже только намечаются. У галактик Sb и SBb ветви достаточно развиты. В галактиках Sc и SBc основное число звезд содержится в сильно развитых и часто разбросанных ветвях, а центральное сгущение имеет небольшие размер



Спиральная  
галактика М81

Рукава спиральных галактик имеют голубоватый цвет, так как в них присутствует много молодых гигантских звёзд. Эти звёзды возбуждают свечение диффузных газовых туманностей, разбросанных вместе с пылевыми облаками вдоль спиральных ветвей. Цвет центральных сгущений — красновато-жёлтый, свидетельствующий о том, что они состоят в основном из звёзд спектральных классов G, K и M. Все спиральные галактики вращаются со значительными скоростями, поэтому звёзды, пыль и газы сосредоточены у них в узком диске.

Некоторые галактики в центральной части имеют "звёздную перемичку" — бар. В некоторых ядрах помимо звёзд наблюдается яркий звёздоподобный источник в центре и светящийся газ, движущийся со скоростью тысячи километров в секунду.

Масса спиральных галактик до  $\approx 10^{12}$  М $\odot$ .

Наиболее известные спиральные галактики — это наша Галактика Млечный Путь и туманность Андромеды.



Спиральная  
галактика с  
баром  
NGC 1512







# Линзообразные галактики



Линзовидная галактика NGC 2787

- Промежуточным типом между спиральной и эллиптической галактиками является линзовидная галактика типа SB0. У галактик этого типа яркое центральное сгущение (балдж) сильно сжато и похоже на линзу, а ветви отсутствуют или очень слабо прослеживаются.
- Состоят галактики из старых звёзд-гигантов, поэтому и цвет их — красноватый.
- Две три линзовидных галактик, подобно эллиптическим, не содержат газа, в одной трети содержание газа такое же как у спиральных галактик.







# Неправильные галактики

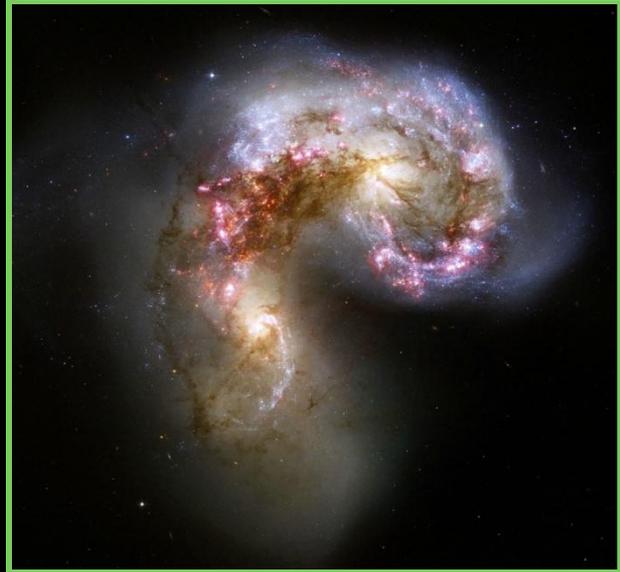


# Классификация галактик

## Неправильные или иррегулярные галактики (Ir) имеют

неправильную, клочковатую форму.

Неправильные галактики характеризуются отсутствием центральных уплотнений и симметричной структуры, а также низкой светимостью. Такие галактики содержат много газа ( в основном нейтрального водорода) — до 50% их общей массы. К этому типу относится около 25% всех звёздных систем.



Неправильная  
галактика  
NGC 1427A

- Состоят из молодых звезд, содержат много межзвездного газа: от 10 до 50% общей массы галактики. Несмотря на всё их разнообразие, неправильные галактики можно разбить на два основных подкласса: галактики типа Большого Магелланова Облака и голубые компактные галактики. У первых имеется небольшое ядро и зачатки спиральных ветвей, часто с перемычкой. Они похожи на слабо проэволюционировавшие спиральные галактики.

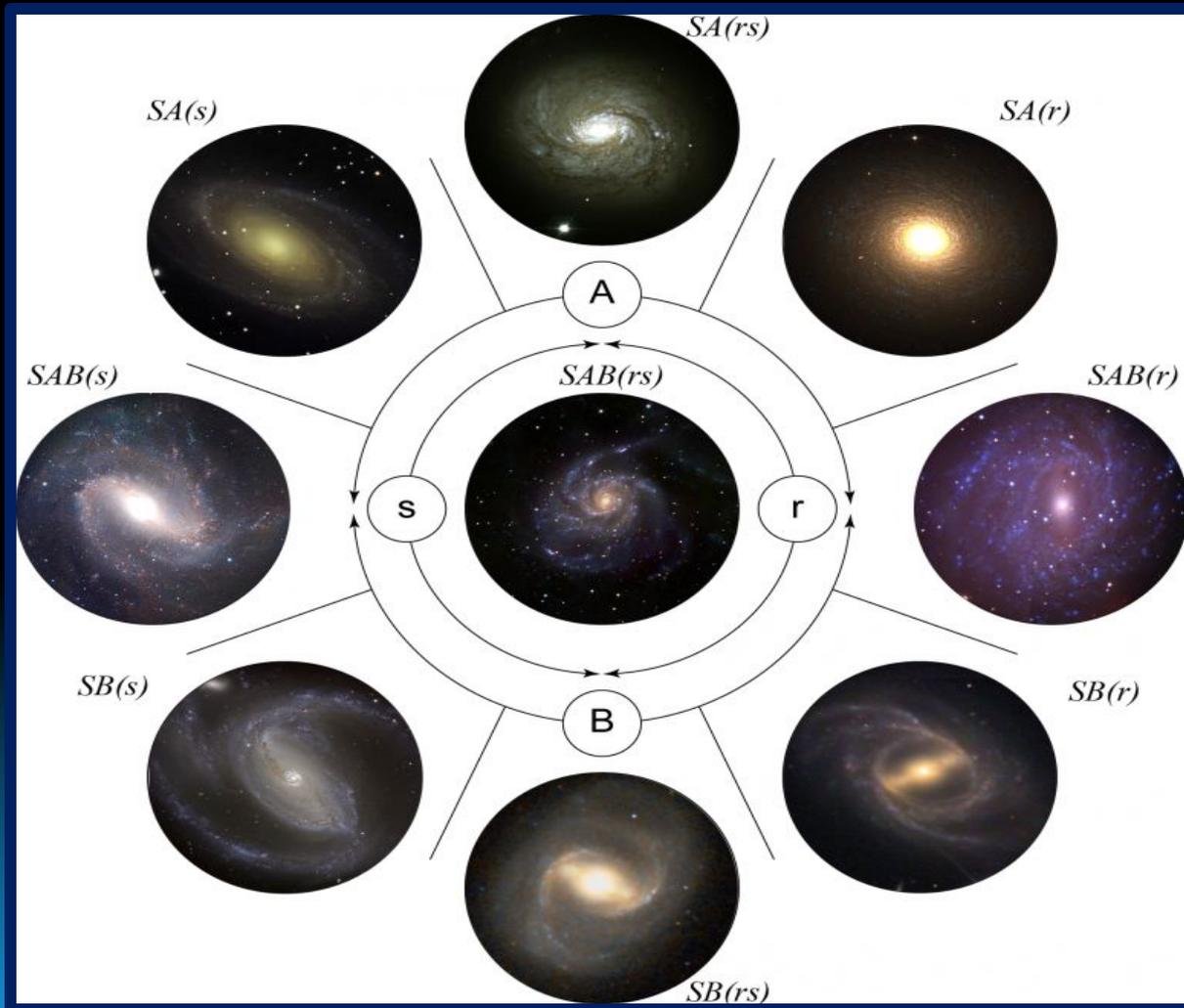






Классификация Хаббла является на данный момент самой распространенной, но далеко не единственной. В частности широко используются Система де Вокулёра, представляющая собой более расширенную и переработанную версию классификации Хаббла и Йеркская система, в которой галактики группируются в зависимости от их спектров, формы и степени концентрации к центру.

# Классификация спиральных галактик по де Вокулёру



# Красное смещение в спектрах галактик

## Космологическое (метагалактическое) красное

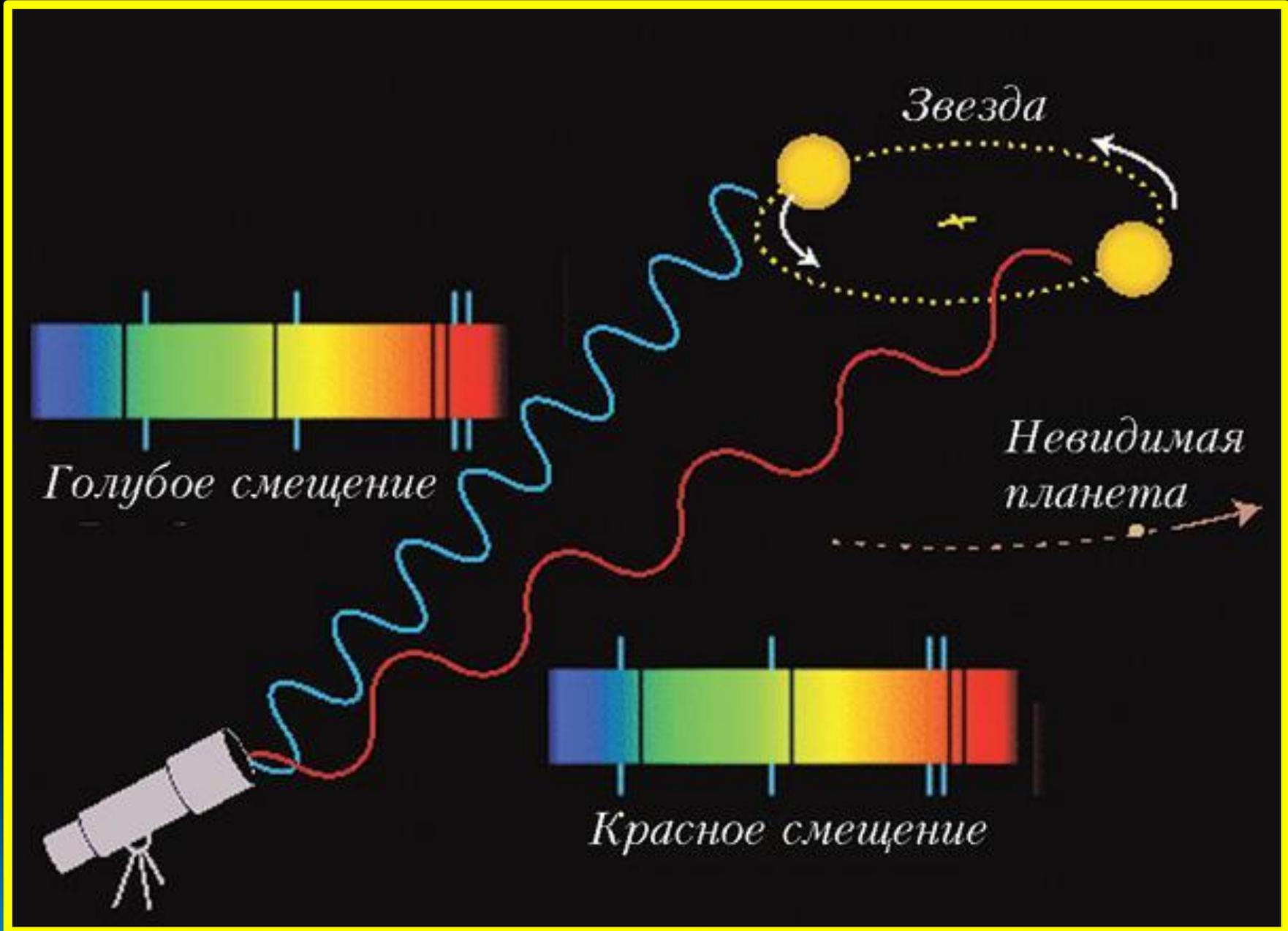
смещение — наблюдаемое для всех далёких источников (галактики, квазары)

понижение частот излучения, объясняемое как динамическое удаление этих источников друг от друга и, в частности, от нашей Галактики, то есть как нестационарность (расширение) Метагалактики.

Красное смещение для галактик было обнаружено американским астрономом Весто

Слайфером в 1912—1914 годах; в 1929 году Эдвин Хаббл открыл, что красное смещение для далёких галактик больше, чем для близких, и возрастает приблизительно пропорционально расстоянию.

Космологическое красное смещение связано с эффектом Доплера, который связывают с движением галактик друг относительно друга, и с расширением пространства согласно ОТО. В наблюдаемое красное смещение от галактик вносит вклад как космологическое красное смещение из-за расширения пространства Вселенной, так и красное или фиолетовое смещения эффекта Доплера вследствие собственного движения галактик. При этом на больших расстояниях вклад космологического красного смещения становится преобладающим.



# Закон Хаббла

Вселенная расширяется, причем скорость, с которой галактики удаляются друг от друга, пропорциональна расстоянию между ними.

$$V = H * R$$

$V$  – скорость «разбегания» галактик

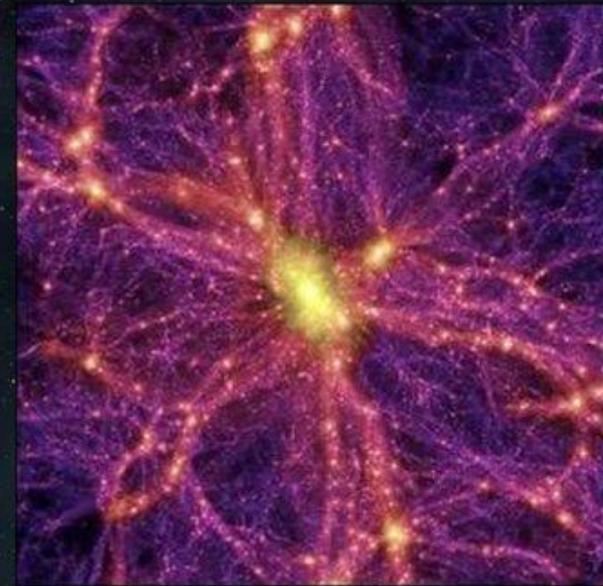
$R$  – расстояние между галактиками

$H = (70 - 100) \text{ км}/(\text{с} * \text{кпк})$  – постоянная Хаббла

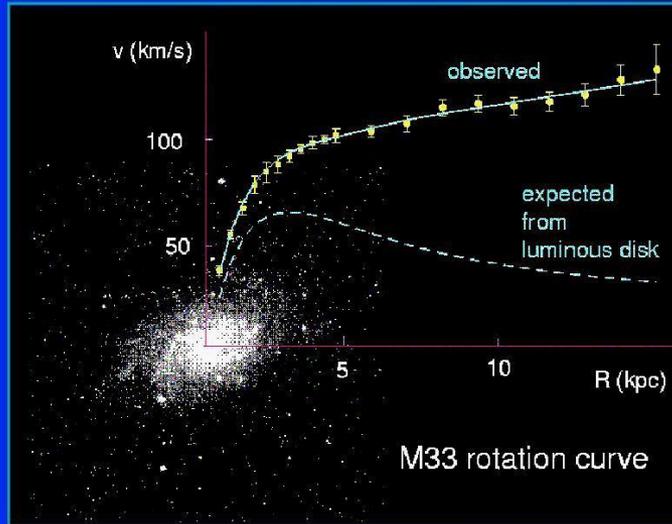
# Темная масса Вселенной – что про нее известно?

**Темная материя** - общее название астрономических объектов, недоступных прямым наблюдениям, то есть не испускающие электромагнитного излучения достаточной для наблюдений интенсивности, но наблюдаемым косвенно по гравитационным эффектам.

- Со временем часть скрытой массы удалось обнаружить. Так, согласно последним наблюдениям, в число объектов составляющих скрытую массу входят остывшие белые карлики, нейтронные звезды, межгалактический газ, возможно черные дыры. Однако, по оценкам теоретиков, и этих объектов существенно недостаточно

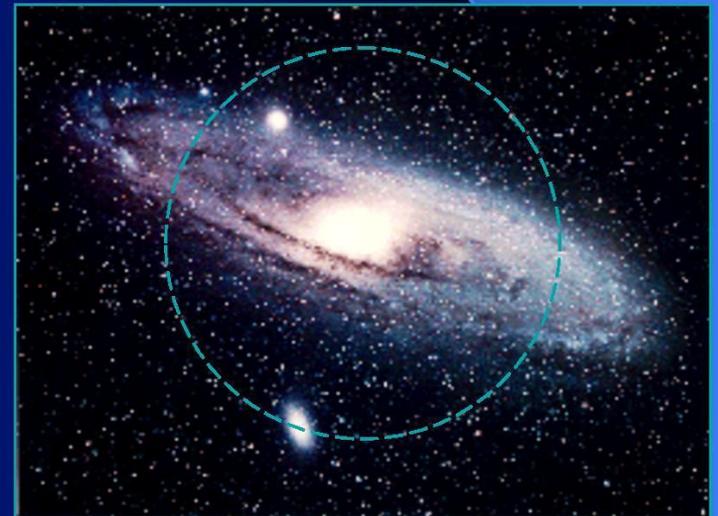


# Тёмная материя



- Плоские ротационные кривые спиральных галактик являются прямым свидетельством наличия большого количества тёмной материи

- Спиральные галактики состоят из центрального ядра и очень тонкого диска и окружены приблизительно сферическим гало из тёмной материи. Скорость движения частиц гало  $\sim 300$  км/сек

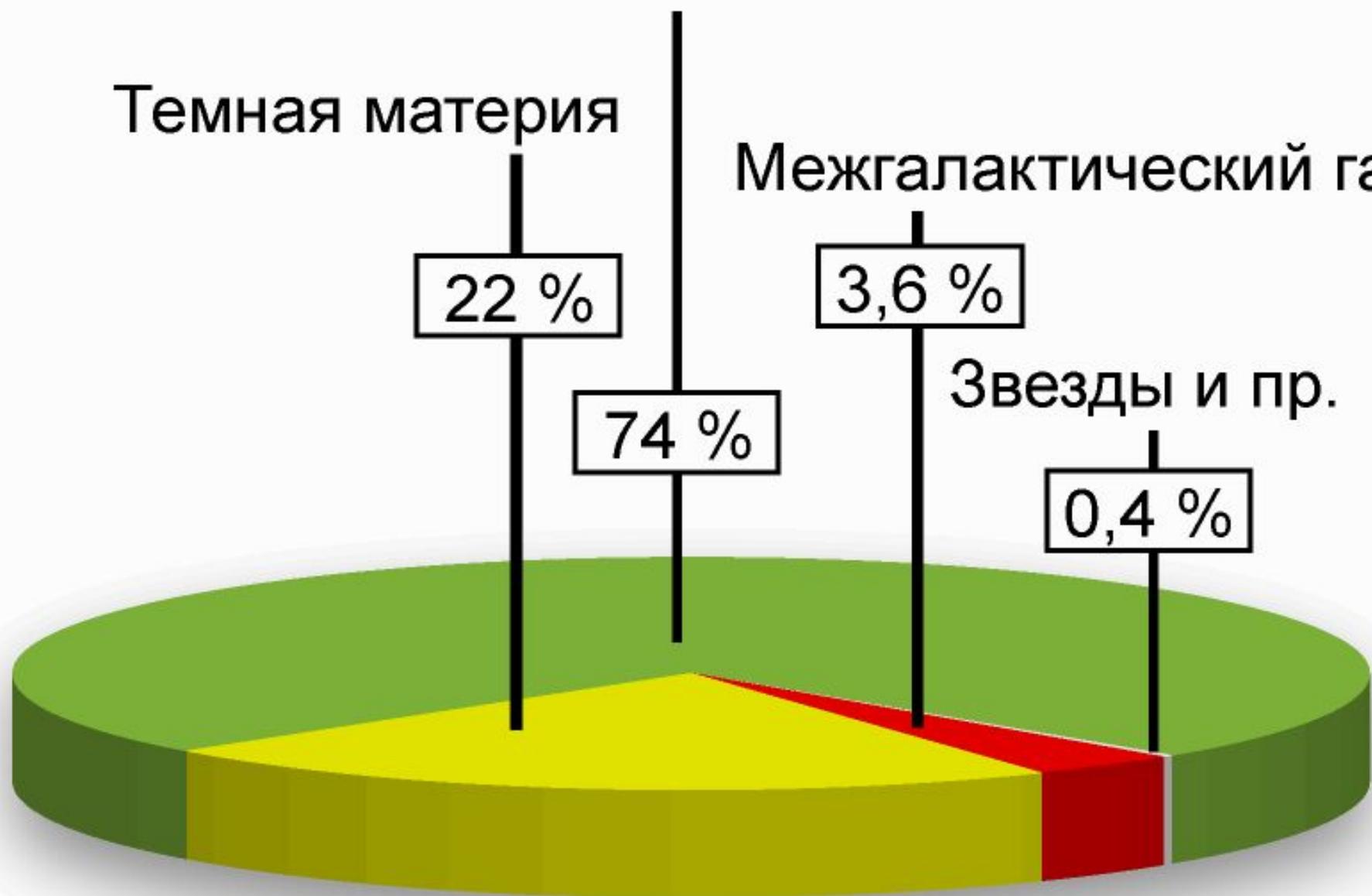


# Темная энергия

Темная материя

Межгалактический газ

Звезды и пр.



# Домашнее задание

## § 31, вопросы и задания