



Строение и  
ЭВОЛЮЦИЯ  
Вселенной

# Содержание

- Космология
- Типы галактик
- Скопления галактик
- Звёздные скопления
- Межзвёздное вещество
- Красное смещение
- Эффект Доплера
- Закон Хаббла
- Теория Большого взрыва

Космология – наука, изучающая строение и эволюцию Вселенной.



# Внесистемные единицы измерения

- 1 световой год (1 св. г.) – расстояние, которое проходит свет за 1 год в вакууме –  $9,5 \cdot 10^{15}$  м;
- 1 астрономическая единица (1 а.е.) – среднее расстояние от Земли до Солнца (средний радиус земной орбиты) –  $1,5 \cdot 10^{11}$  м;
- 1 парсек (1 пк) - расстояние, с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а. е.), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду ( $1''$ ) –  $3 \cdot 10^{16}$  м;
- 1 масса Солнца ( $1 M_{\odot}$ ) –  $2 \cdot 10^{30}$  кг.

Возраст Вселенной  $t=1,3 \cdot 10^{10}$  лет

Радиус Вселенной  $R=1,3 \cdot 10^{10}$  св.

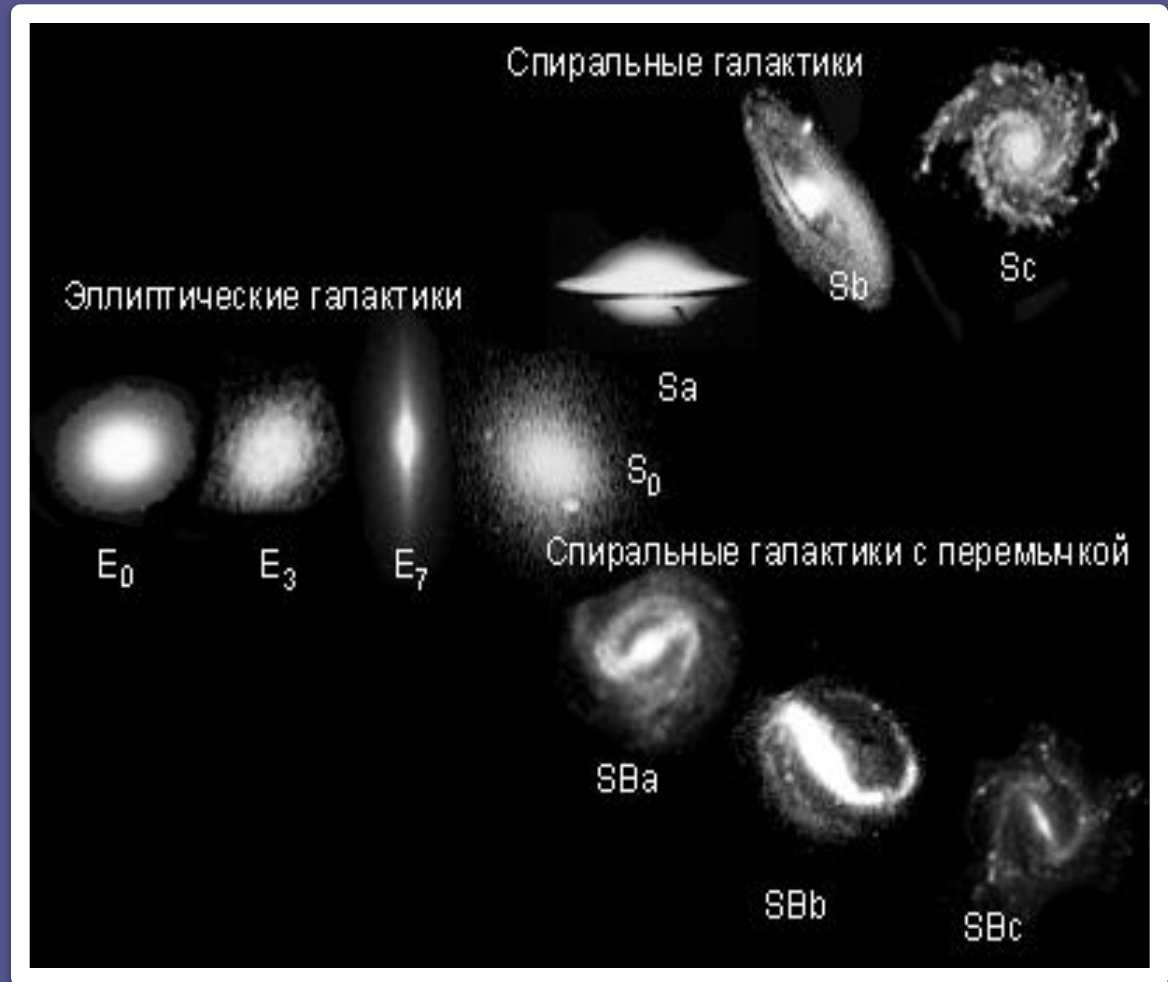


Галактики – это большие звёздные системы, в которых звёзды связаны друг с другом силами гравитации.

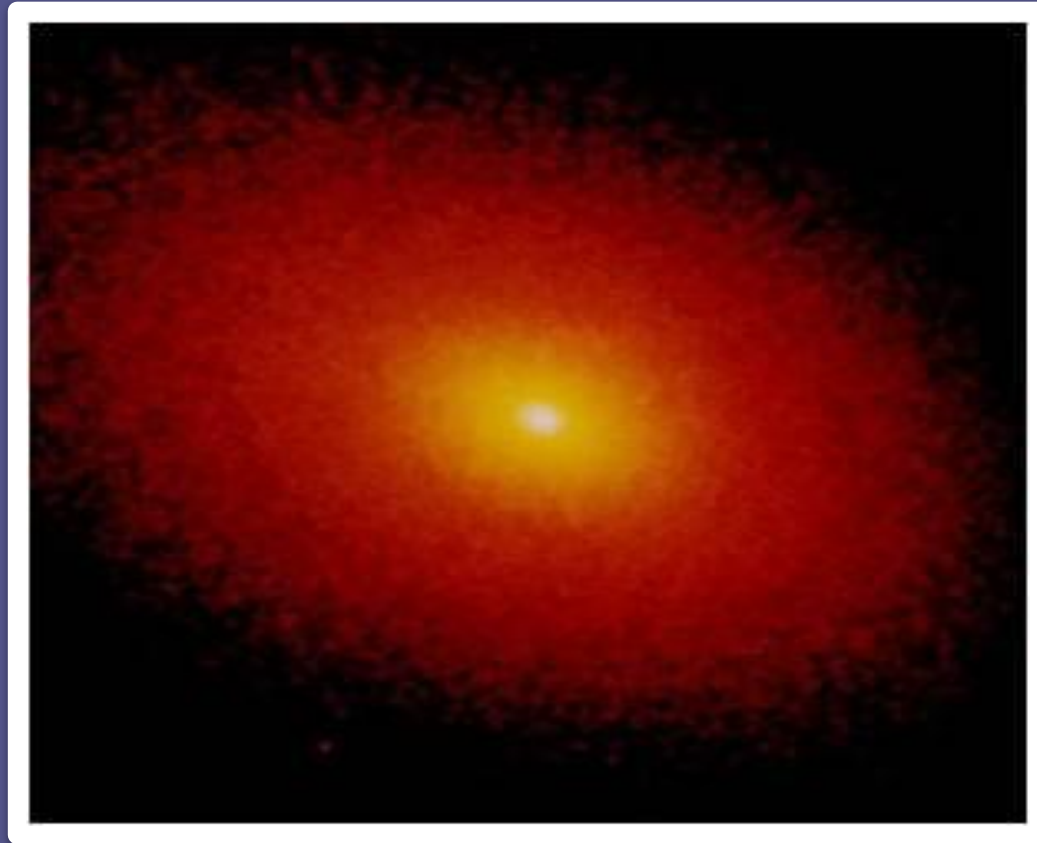


# Типы галактик

1. Эллиптические
2. Спиральные
3. Неправильные



# Эллиптические галактики



Эллиптическая галактика М32



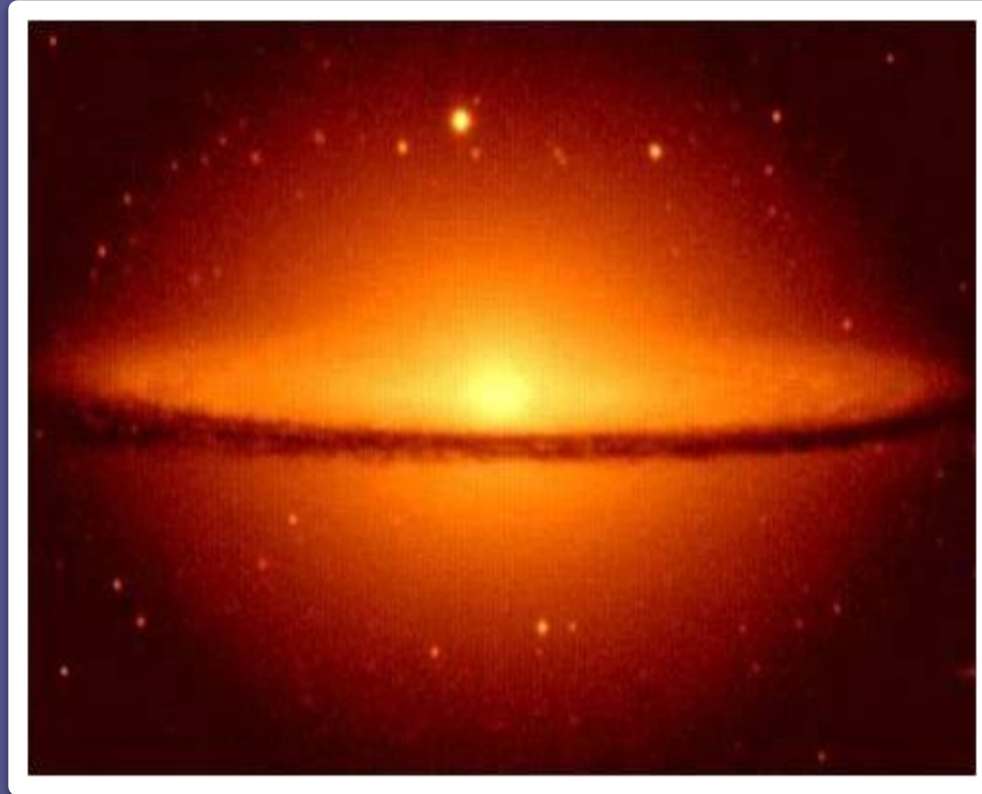
# Эллиптические галактики

- Имеют вид кругов или эллипсов
- Яркость плавно уменьшается от центра к периферии
- Не вращаются
- В них мало газа и пыли
- $M \sim 10^{13} M_{\odot}$



Эллиптическая галактика  
M87

# Спиральные галактики



Галактика M104 Сомbrero

# Спиральные галактики

- Состоят из ядра и нескольких спиральных рукавов или ветвей
- Ветви отходят непосредственно от ядра
- Вращаются
- В них много газа и пыли
- $M \sim 10^{12} M_{\odot}$

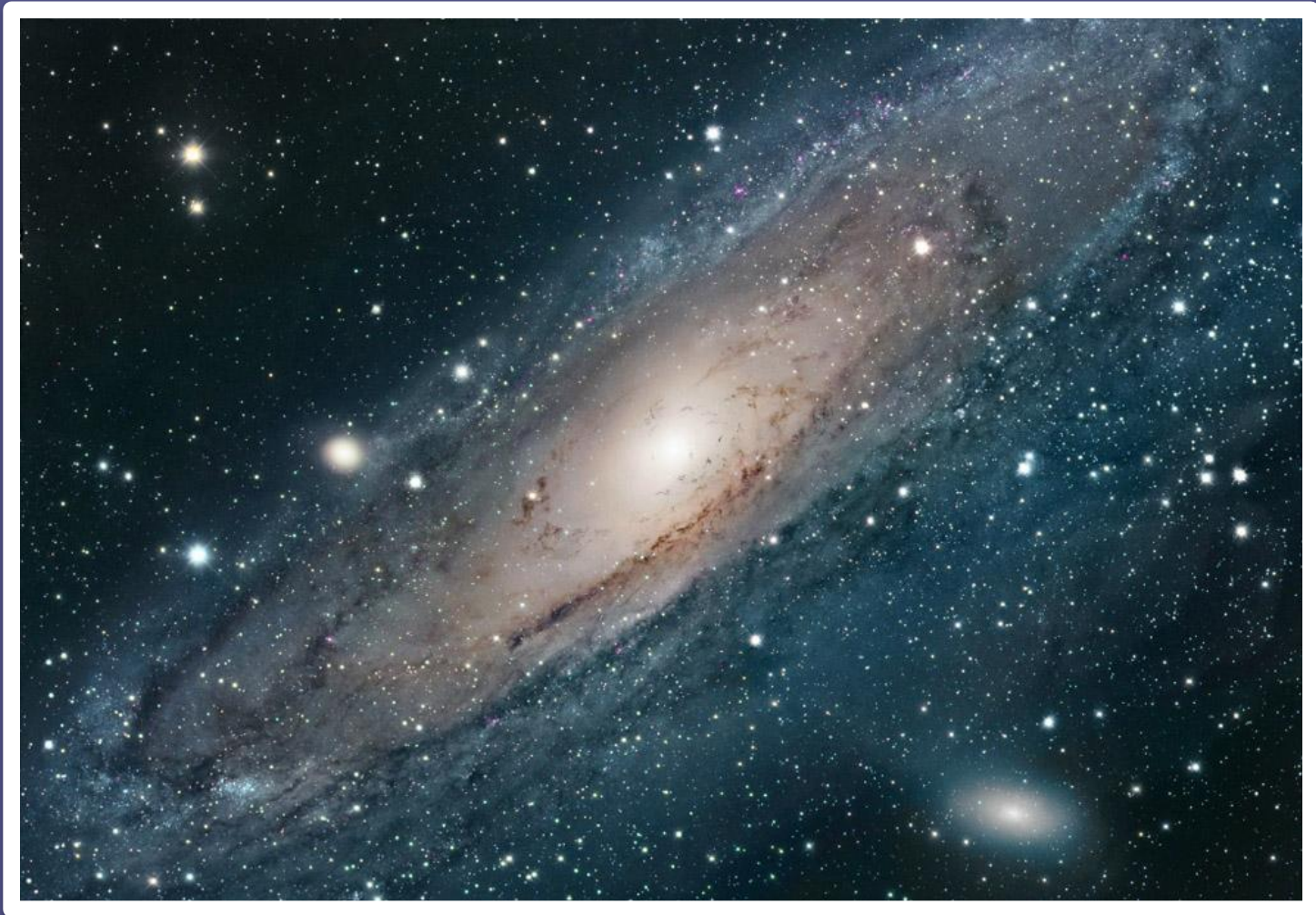


спиральная галактика **NGC 4414**  
из созвездия Волосы Вероники

# Спиральная галактика М 33



# Спиральная галактика Андромеды



# Спиральные галактики

Солнце и Солнечная система входят в состав галактики Млечный путь.

Галактика Млечный путь состоит из ядра, находящегося в центре галактики, и трёх спиральных рукавов.



Галактика Млечный путь  
(вид сверху)

# Спиральные галактики

Размеры галактики

Млечный путь:

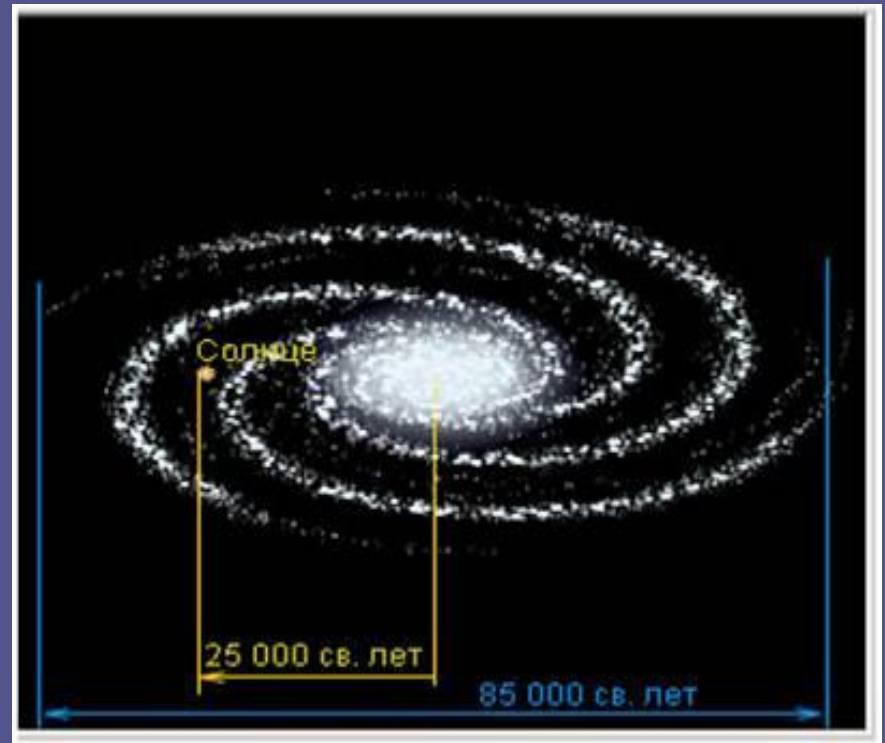
- диаметр диска галактики около 30 кпк ( 100 000 св. л.);
- толщина – около 1 000 св. л.



Галактика Млечный путь  
(вид сбоку)

# Спиральные галактики

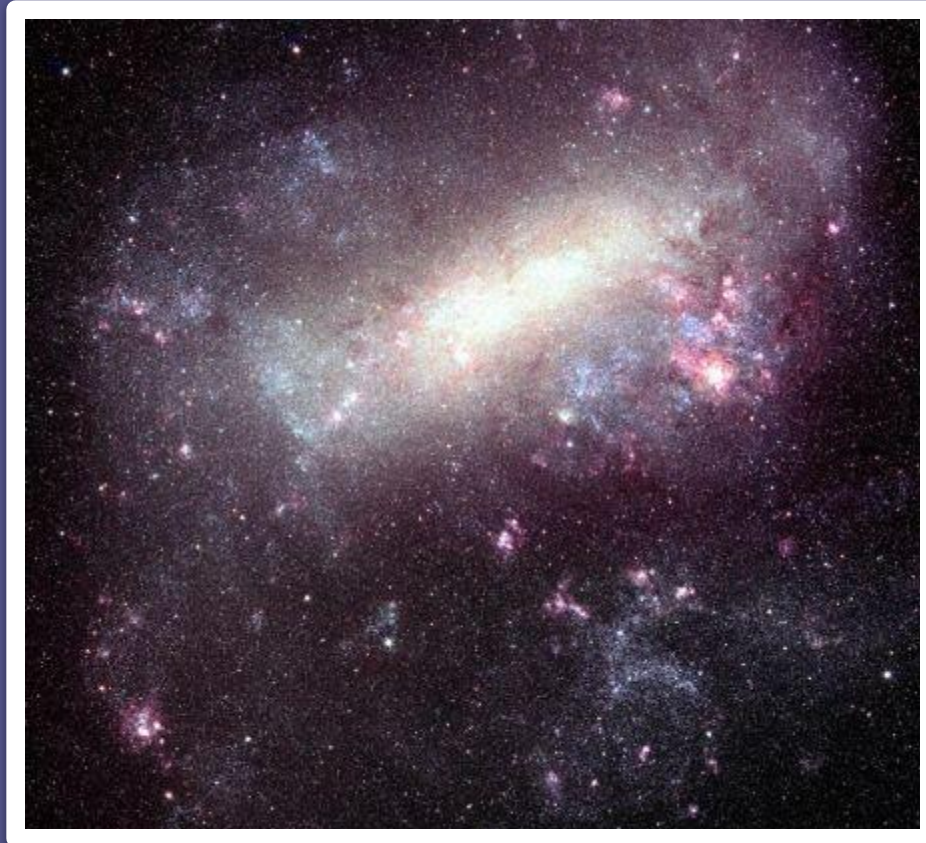
- Галактика Млечный путь вращается вокруг центра галактики.
- Один оборот вокруг центра галактики Солнце делает за 200 млн. лет.



Положение Солнца  
в галактике Млечный путь



# Неправильные галактики



Большое Магелланово  
облако

# Неправильные галактики

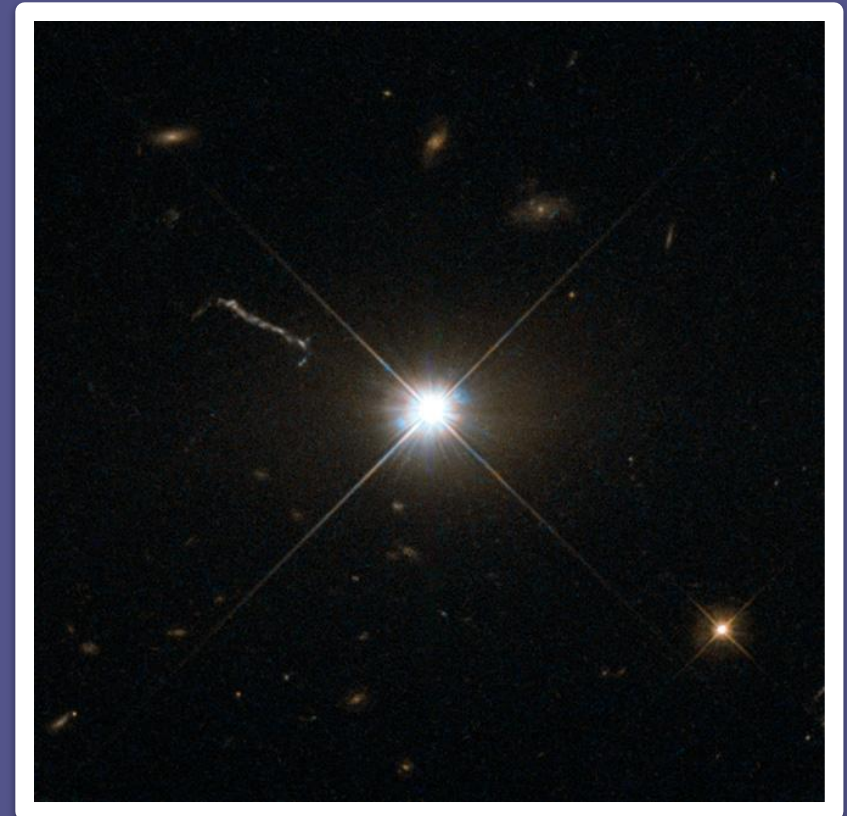
- Отсутствует чётко выраженное ядро
- Нет вращательной симметрии
- Около половины вещества в них – межзвездный газ



Галактика NGC 1313

# Квazarы

- Квazarы не являются звездами; это яркие и очень активные ядра галактик, расположенные на расстоянии в миллиарды световых лет от Земли.



Квazar 3C 273  
в созвездии Девы

# Скопления галактик

- Наряду с отдельными галактиками наблюдаются скопления галактик.
- Местная группа галактик состоит из 35 галактик. Включает в себя галактики Туманность Андромеды, Млечный путь, Большое Магелланово облако, Малое Магелланово облако и другие.
- Галактики Местной группы связаны общим тяготением и движутся вокруг общего центра масс в созвездии Дева.

# Звёздные скопления

Рассеянные



скопление M50  
в созвездии Единорога

Шаровые



скопление M13  
в созвездии Геркулеса

# Рассеянные звёздные скопления

- Рассеянные звёздные скопления встречаются вблизи галактической плоскости.



Скопление «Плеяды»

# Шаровые звёздные скопления

- Шаровые скопления выделяются на звездном фоне благодаря значительному числу звезд и четкой сферической форме.
- Диаметр шаровых скоплений составляет от 20 до 100 пк.
- $M = 10^4 \div 10^6 M_{\odot}$



Скопление в созвездии  
Центавра

# Межзвёздное вещество

- Пространство между звёздами заполнено разрежённым веществом, излучением и магнитным полем.
- Если концентрация вещества становится большой, то мы можем видеть различного вида туманности.



Газопылевые облака  
туманности  
M16 “Орёл” в созвездии Змеи



# Туманность Конская голова



# Туманность Лагуна



# Трёхраздельная туманность



# Туманность IRAS 05437+2502



# Звёздная пыль

- Суммарная масса пыли всего 0,03 % полной массы галактики.
- Её полная светимость составляет 30 % от светимости звёзд и полностью определяет излучение галактики в инфракрасном диапазоне.
- Температура пыли 15÷25 К.

- Свет галактик представляет собой суммарный свет миллиардов звёзд и газа.
- Для изучения физических свойств галактик астрономы используют методы спектрального анализа.
- Спектральный анализ – физический метод качественного и количественного определения атомного и молекулярного состава вещества, основанный на исследовании его спектра.



Спектр Солнца

# Красное смещение

- Линии в спектрах всех известных галактик смещены к красному концу спектра.
- Пусть  $\lambda_0$  - длина волны спектральной линии, наблюдаемой в лаборатории,
- $\lambda$  – длина волны спектральной линии в спектре галактики,
- $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$  - смещение спектральной линии.
- Оказалось, что отношение смещения спектральной  $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$  к  $\lambda_0$  одинаково для всех линий в спектре галактики.

# Эффект Доплера

- Смещение спектральных линий к красному концу спектра вызвано движением (удалением) излучающего объекта (галактики) со скоростью  $v$  по направлению от наблюдателя.
- При  $Z \ll 1$   
 $v = c \cdot Z$  – скорость объекта (галактики),  
где  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света в вакууме.



# Закон Хаббла

- По спектрам галактик установлено, что они «разбегаются» от нас со скоростью  $v$ , пропорциональной расстоянию до галактики:

$$v = H \cdot r,$$

где  $H = 2,4 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$  – постоянная Хаббла,

$r$  – расстояние до галактики (м).

# Теория Большого взрыва

- Вселенная возникла 13 млрд. лет назад из некоторого начального «сингулярного» состояния и с тех пор непрерывно расширяется и охлаждается.
- Согласно теории Большого взрыва, дальнейшая эволюция зависит от экспериментально измеримого параметра — средней плотности вещества в современной Вселенной. Если плотность не превосходит некоторого критического значения, Вселенная будет расширяться вечно, если же плотность больше критической, то процесс расширения когда-нибудь остановится и начнётся обратная фаза сжатия, возвращающая к исходному сингулярному состоянию.

# Теория Большого взрыва

Критическое значение плотности вещества  $\rho_{\text{кр}}$  от которого зависит характер его движения рассчитывается по формуле:

$$\rho_{\text{кр}} = \frac{3 \cdot H^2}{8 \cdot \pi \cdot G}$$

где  $H = 2,4 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$  – постоянная Хаббла,  
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} (\text{Н} \cdot \text{м}^2) / \text{кг}^2$  – гравитационная постоянная.

Подставив числовые значения, получим  $\rho_{\text{кр}} = 10^{-26} \text{ кг/м}^3$ .

При  $\rho < \rho_{\text{кр}}$  - расширение Вселенной.

При  $\rho > \rho_{\text{кр}}$  - сжатие Вселенной.

35 Усреднённая плотность вещества во Вселенной

$\rho = 2 \cdot 10^{-28} \text{ кг/м}^3$

# Вывод

- Представляя Вселенную как весь окружающий мир, мы сразу делаем её уникальной и единственной. И вместе с этим лишаем себя возможности описать её в терминах классической механики: из-за своей уникальности Вселенная ни с чем не может взаимодействовать, она — система систем, и поэтому в её отношении теряют свой смысл такие понятия, как масса, форма, размер. Вместо этого приходится прибегать к языку термодинамики, употребляя такие понятия как плотность, давление, температура, химический состав.