

Космологические концепции естествознания.

Лекция № 14

Астрономические единицы расстояний.

1. 1 а.е. (астрономическая единица) – среднее расстояние от Земли до Солнца, составляющее 149 600 000 км
2. Световой год – 63 240 а.е. = $9,5 \cdot 10^{15}$ м.
3. 1пс (парсек) – $31 \cdot 10^{15}$ м.

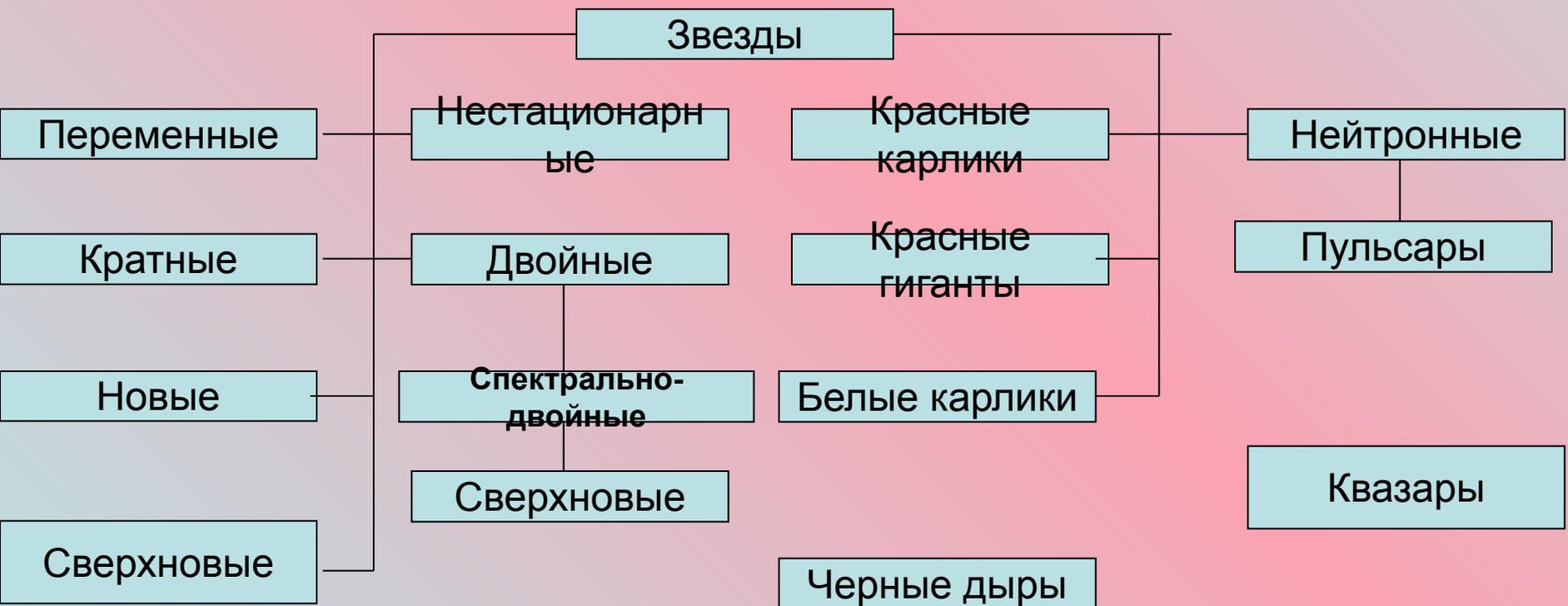
Временные интервалы:

Время обращения Земли вокруг Солнца – 1 год.

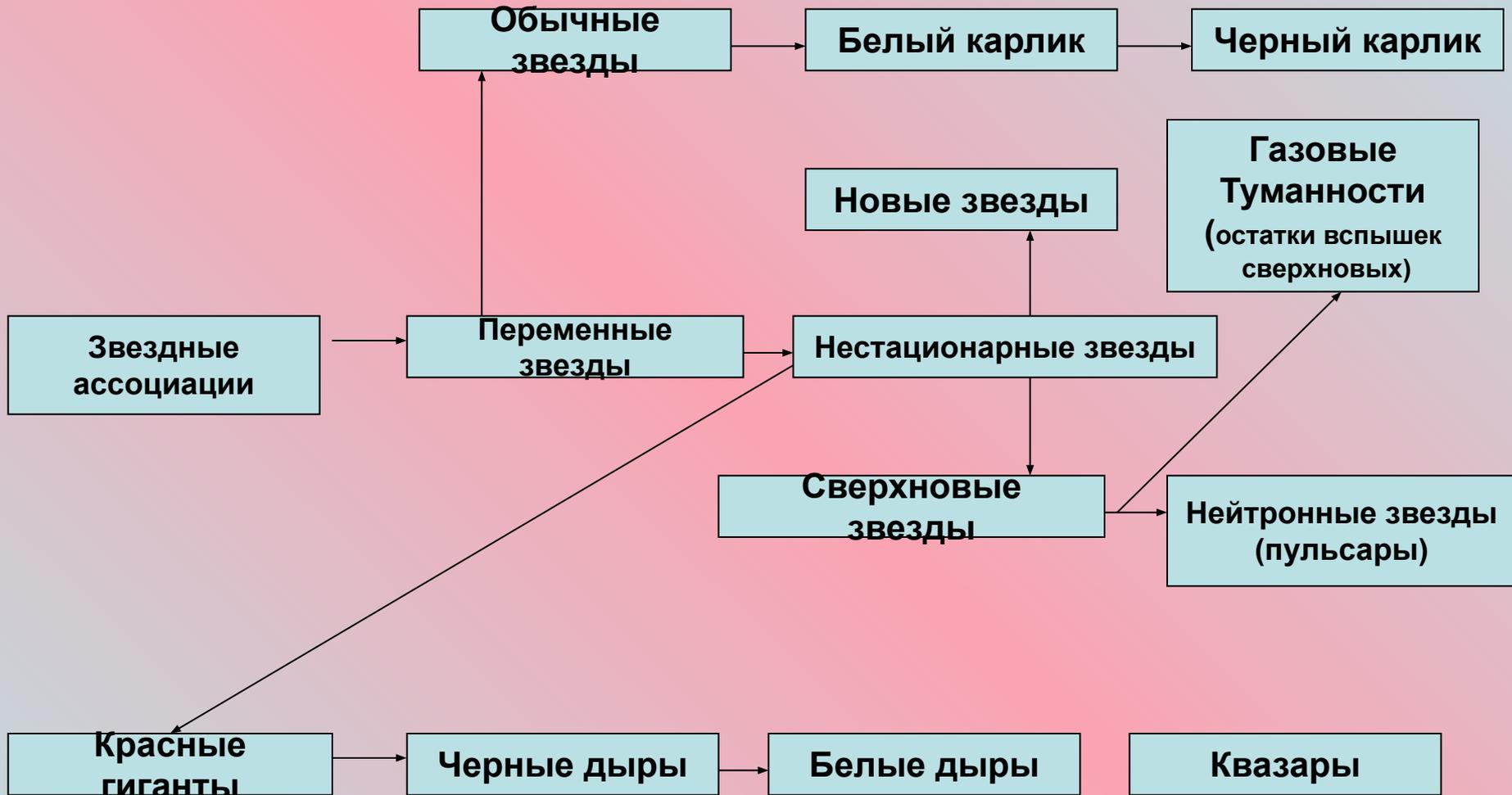
Сутки – один оборот Луны с запада на восток.

Звездная форма бытия космической материи. (97% массы Млечного пути).

Звезды – космические тела, состоящие из сильно ионизированного газа, в которых вся энергия, высвобождаемая при термоядерных реакциях, излучается через звездную атмосферу в космос.. Давление газа внутри звезды уравнивает вес ее внешних слоев.



Общая эволюция звезд.



Звезды.

Звезды – яркие светящиеся газовые шары, цвет которых зависит от их температуры. Размеры звезд тоже сильно отличаются: от крошечных нейтронных - до сверхгигантов, которые в сотни раз больше Солнца.

Карликовые звезды, находящиеся в самой длительной стадии жизни, когда энергия вырабатывается в ходе ядерных реакций.

Красные карлики – звезды с низкой светимостью и температурой. Это самый многочисленный тип звезд во Вселенной. Белые карлики – это мертвые, сильно сжавшиеся ядра старых звезд, образуются после превращения звезды в красного гиганта. Ядра некоторых белых карликов, возможно, состоят из кристаллического углерода, или алмаза.

Гиганты и сверхгиганты – это состарившиеся звезды, которые раздулись до размеров, в десятки и сотни раз превышающих размеры нормальной звезды. Цвет многих гигантов красный, но встречаются и голубые гиганты. Сверхгиганты – самые большие звезды с высокой светимостью.

Ядро сверхгиганта очень мало по сравнению с размерами всей звезды. Перед коллапсом и вспышкой сверхновой в разных его слоях происходит термоядерное сгорание разных химических элементов. Более тяжелые элементы накапливаются в ядре.

Солнце

Тип: желтый карлик главной последовательности. Диаметр 1 392 000 км

Сириус В

Тип: белый карлик . Диаметр 1% диаметра Солнца.

Бетельгейзе

Тип: красный гигант. Диаметр 800 диаметров Солнца.

Проксима Центавра

Тип: красный карлик (относится к самому распространенному типу звезд) – ближайшая к Солнцу звезда (4,2 св. года). Светимость в 20 000 раз меньше солнечной, а размер в 7 раз меньше размера Солнца

Цвет и температура звезд.



Красный: все холодные звезды имеют хорошо выраженный красный цвет, а температура на их поверхности составляет 3200°C .



Оранжевый: несколько более холодные объекты - температура на их поверхности составляет 4900°C .



Желтый: температура на их поверхности составляет 6000°C .



Белый: температура на их поверхности составляет $10\ 000^{\circ}\text{C}$.



Голубой: цвет самых горячих звезд, температура на их поверхности может достигать $30\ 000^{\circ}\text{C}$ и выше.

Звездные рекорды.

Ближайшая (4,22 св. года) звезда после Солнца – Проксима Центавра.

Самая крупная из известных звезд – VY Большого Пса. Ее диаметр в 1800 – 2100 раз превосходит солнечный. Если бы ее поместили в центр Солнечной системы, то ее поверхность оказалась бы почти у орбиты Сатурна. Внутри нее поместилось бы 8 млрд. звезд размером с Солнце.

Самая горячая звезда – белый карлик из планетарной туманности NGC 2440. Температура поверхности достигает $200\,000^{\circ}\text{C}$ - в 30 раз выше, чем на поверхности Солнца.

Самая холодная – красный карлик Глизе 105С. Температура на его поверхности – $2\,300^{\circ}\text{C}$.

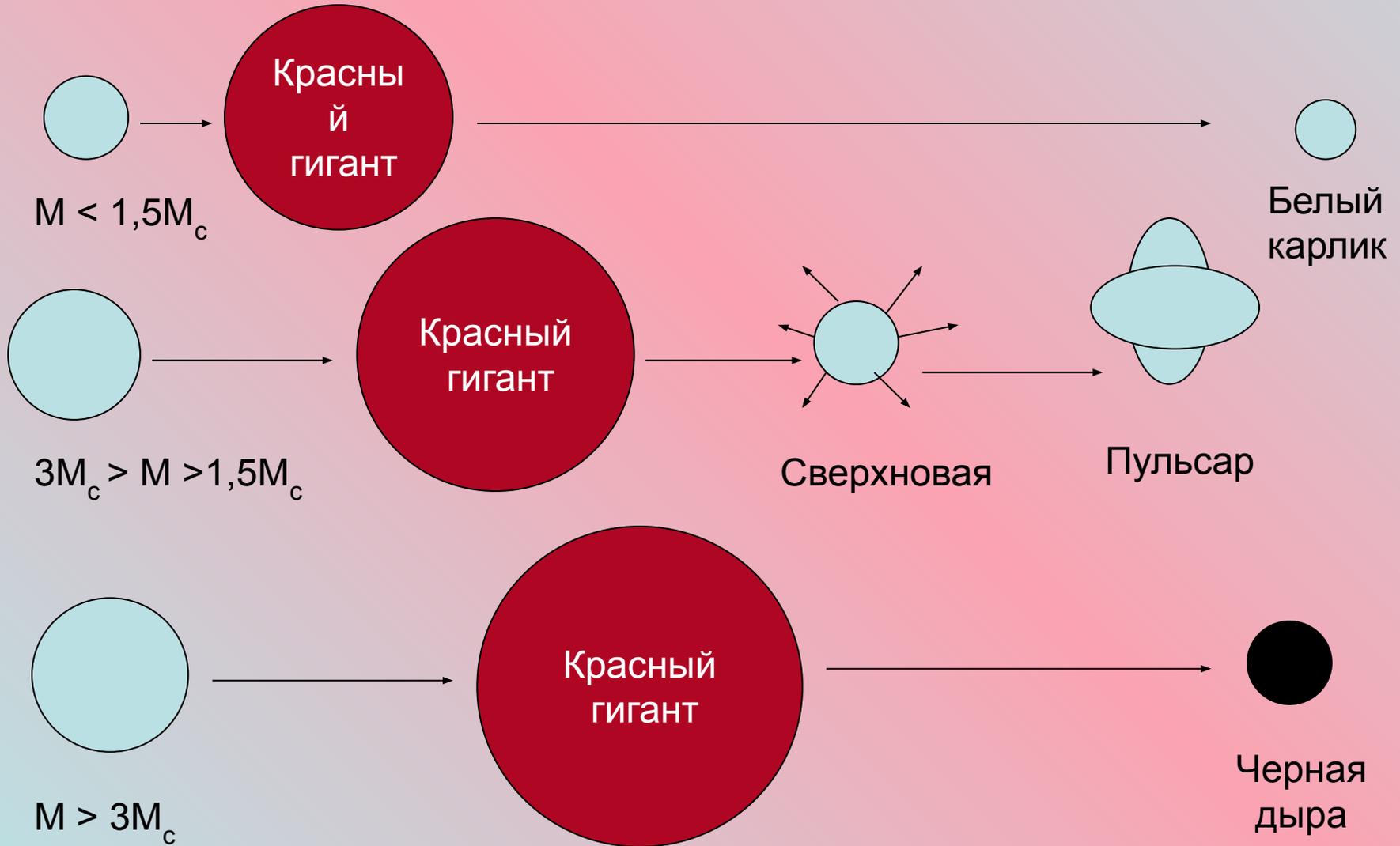
Коричневые карлики еще холоднее, но астрономы не причисляют их к настоящим звездам.

Самая яркая и массивная звезда – LV 1806-20. Она в 150 раз массивнее Солнца, а светимость превышает солнечную в 40 млн. раз.

Образование звезды.

1. Газовое облако сжимается под действием тяготения, и температура в его центре повышается. Образуется вращающаяся структура – протопланетный диск.
2. Температура в центре диска выше, чем в остальных его частях. Через миллионы лет центр диска превращается в протозвезду.
3. Через несколько миллионов лет протозвезда сжимается. Ее поверхность покрывается темными пятнами.
4. Молодая звезда продолжает сжиматься под действием температуры и тяготения. Через несколько миллионов лет она станет настоящей звездой.

Варианты развития звезд.



Черные дыры.

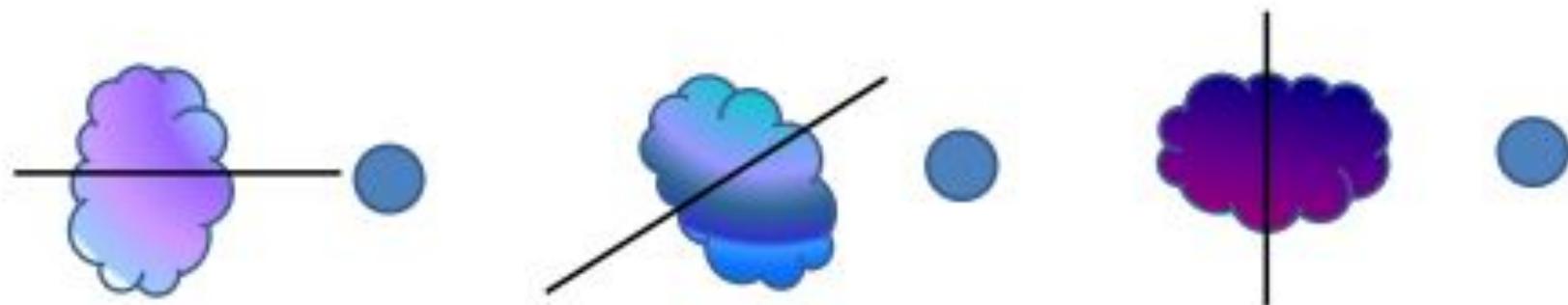
Астрономы наблюдают черные дыры (ЧД) нескольких типов:

- ЧД звездных масс, которые возникли в результате смерти массивных звезд
- сверхмассивные ЧД, массы которых превышают массу Солнца в млн. и млрд. раз.

Астрономы считают, что такие объекты находятся в ядрах многих - если не всех - галактик, включая и Млечный Путь.

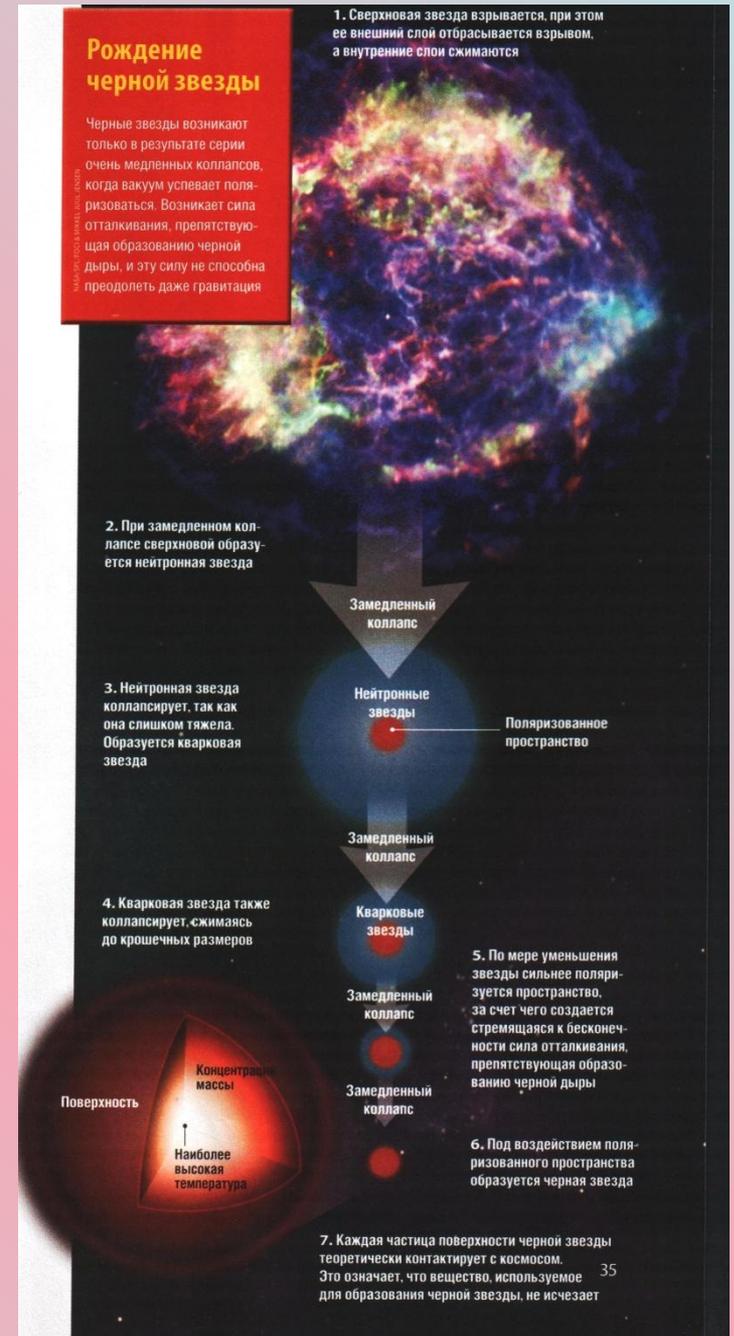
Хотя ЧД есть во многих галактиках, чаще всего они никак себя не проявляют - возможно потому, что уже «съели» окружающий их аккреционный диск. Но когда вещества в аккреционном диске достаточно, газ, расположенный на его внутреннем крае, падает в ЧД. Перед тем, как исчезнуть, он нагревается и начинает светиться. Такая галактика получила название активной - у нее заметно яркое светящееся ядро с исходящими струями.

Типы активных галактик: блазар (галактика, на которую мы смотрим сверху), квазар (наблюдаем сбоку), радиогалактика ((наблюдается под прямым углом).



Виды черных дыр Вселенной:

1. Образуются на месте умирающих звезд.
2. Черные дыры в ядрах галактик (масса составляет сотни млн и млрд масс Солнца).
3. Первичные черные дыры с массой в млрд тонн.



Переменные звезды.

Примерно до 1600 г. астрономы считали все звезды постоянными и неизменными. Многие звезды меняют свой блеск. Некоторые из них представляют собой двойные системы, в которых две звезды обращаются вокруг друг друга, и периодически одна закрывает другую, они называются затменными двойными. Для земного наблюдателя такая пара выглядит как одна мерцающая звезда. Блеск других звезд, таких как цефеиды и мириды, меняется, когда они, пульсируя, сжимаются и расширяются. Всего астрономами внесено в каталоги ок. 40 000 переменных звезд.

Катаклизмические двойные звезды: перемещение вещества в таких двойных системах вызывает мощные взрывы, которые сопровождаются сбросом яркой газовой оболочки, - «вспышкой новой звезды».

Мириды – это самый распространенный класс переменных звезд, получили название от первого открытого объекта этого типа - звезды Мира в созвездии Кита. Мириды – это пульсирующие красные гиганты, блеск которых меняется по мере расширения и сжатия звезды.

Мира

Тип: пульсирующая переменная. Блеск меняется от 3,4 до 9,3 звездной величины. Период 332 суток

Алголь

Тип: затменная переменная. Блеск меняется от 2,1 до 3,4 звездной величины. Период 2 суток

Дельта Цефея

Тип: цефеида. Блеск меняется от 3,4 до 4,3 звездной величины. Период 5 суток

Полярная звезда

Тип: цефеида. Блеск меняется от 1,92 до 2,07 звездной величины. Период 4 суток

Сверхновые

Смерть массивной звезды сопровождается взрывом – вспышкой сверхновой. Выделяемое в результате термоядерных реакций, протекающих в недрах звезды, тепло обеспечивает огромное давление, которое сдерживает коллапс звезды, т.е. падение ее внешних слоев внутрь. Но когда термоядерное горючее заканчивается, ядро сжимается, а потом резко расширяется, порождая сверхмощный взрыв. Остатки звезды служат сырьем для возникновения других звезд.

Вспышки сверхновых – очень редкое явление. В нашей галактике насчитывается примерно 200 млрд. звезд – сверхновая взрывается в среднем раз в столетие.

Звездные скопления

Некоторые газовые облака столь массивны, что звезды в них возникают целыми группами, образуя звездные скопления. Небольшие скопления – рассеянные с числом звезд от нескольких десятков до нескольких сотен. Они встречаются в спиральных рукавах Млечного Пути. Шаровые скопления – крупнее и старше рассеянных, они насчитывают до миллиона звезд и движутся в разных направлениях, заполняя огромное гало нашей Галактики.

Омега-Центавра – самое яркое и крупное шаровое скопление невероятных размеров в нашей Галактике: диаметр – 600 световых лет, а население превышает миллион звезд.

На звездах типа Солнца осуществляются следующие формы движения материи

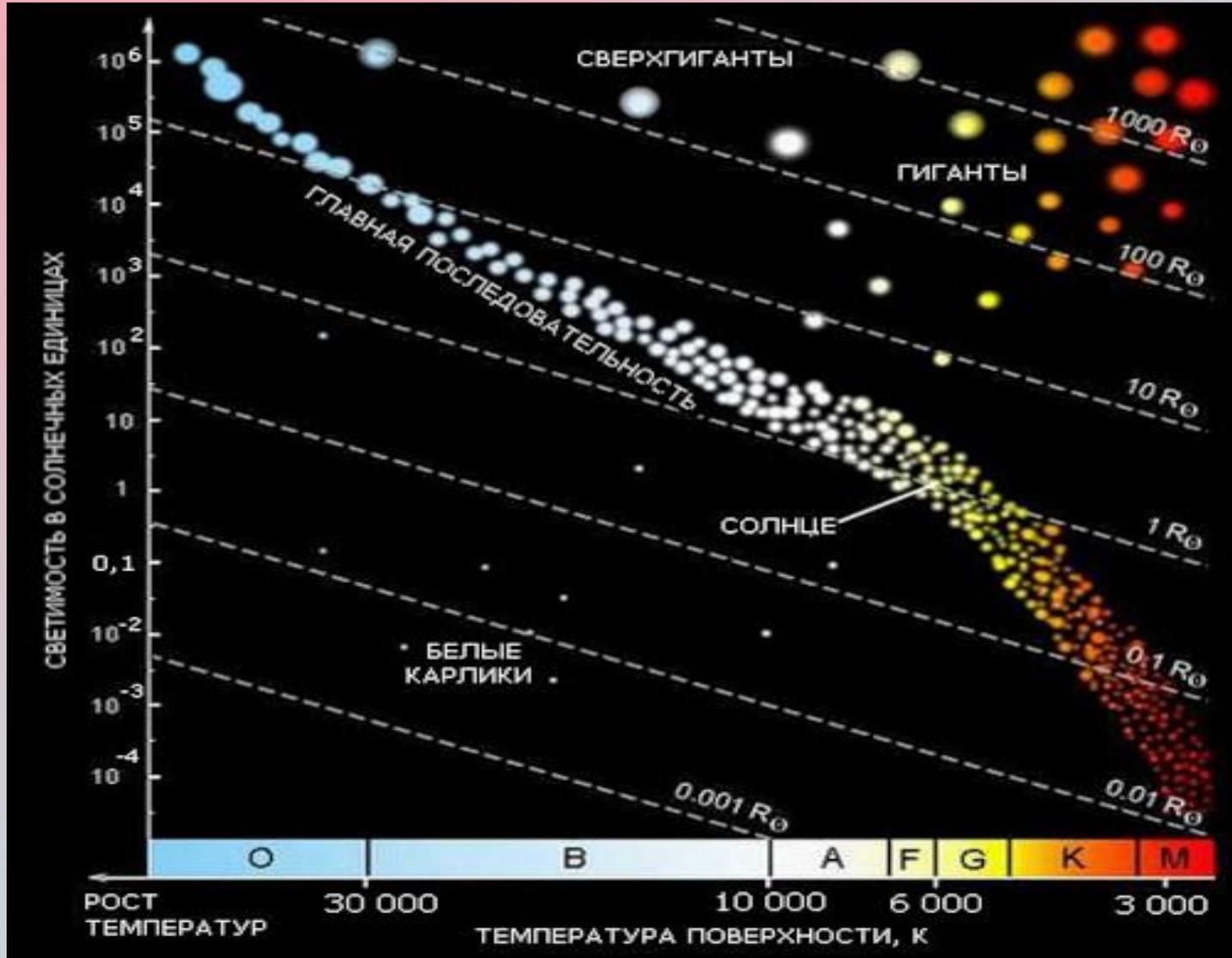
Механическая

Ядерная

Тепловая

Электромагнитная

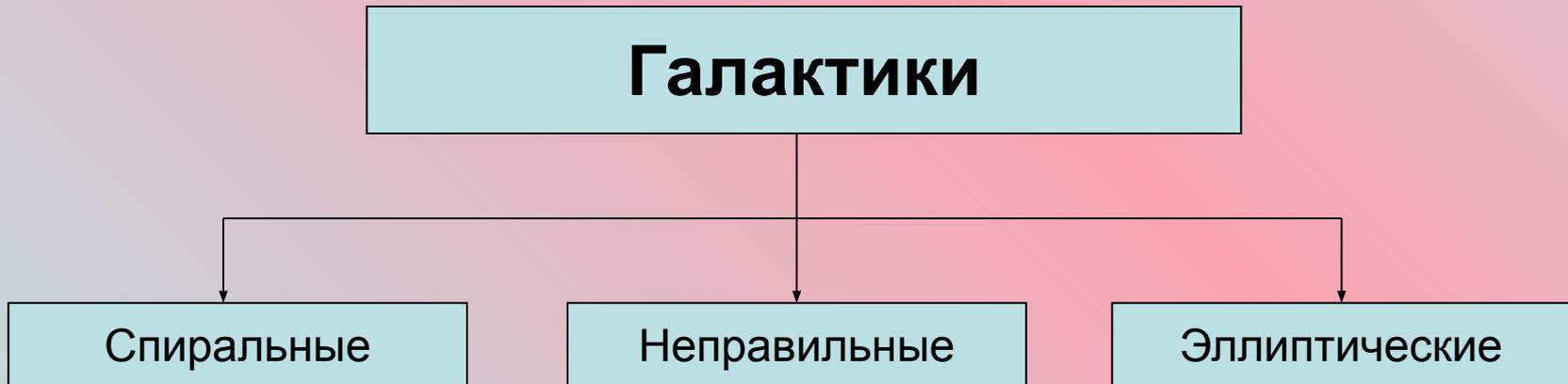
Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. (1905-1913гг.)



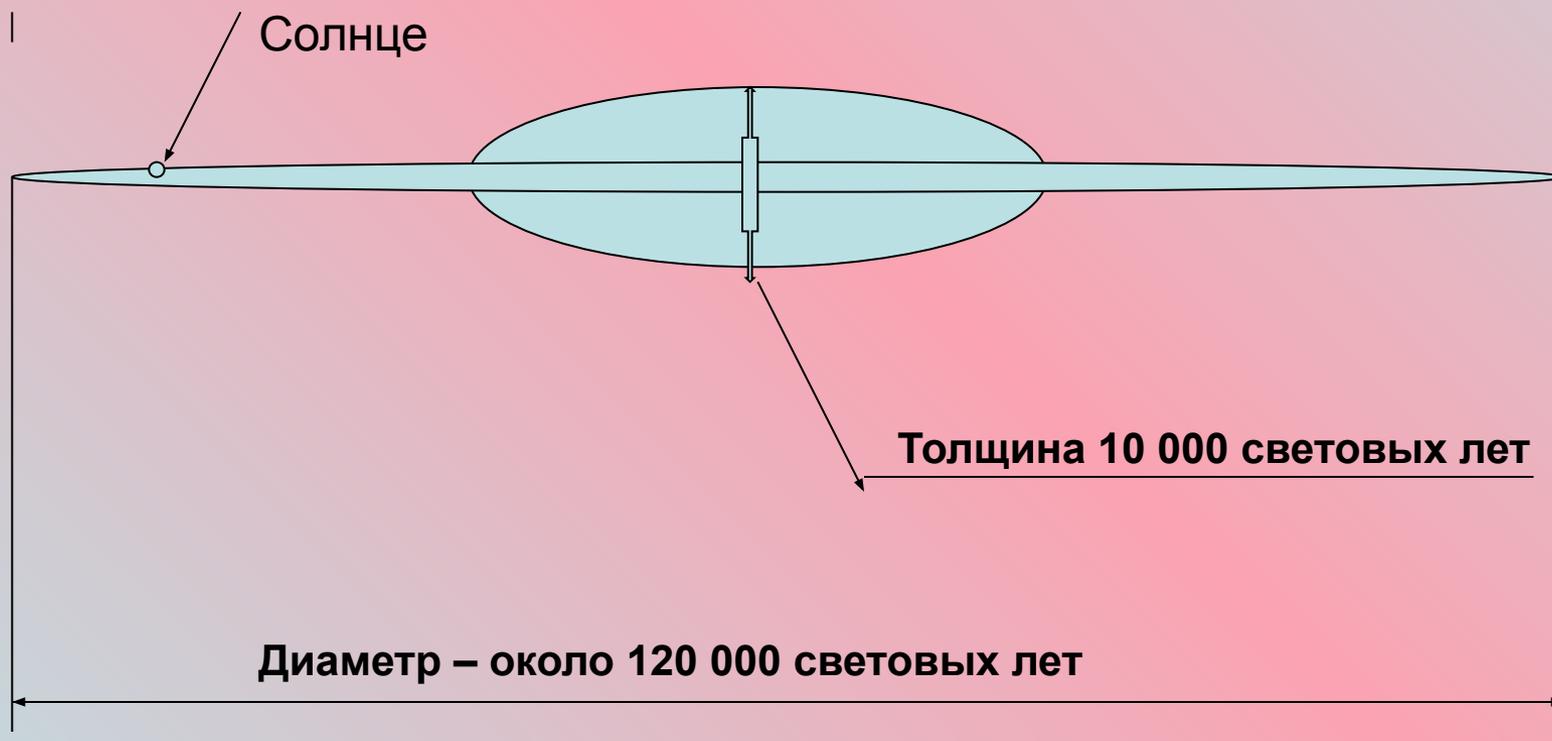
Галактики

(Крупные системы, состоящие из звезд, планет, газа и пыли).

1. Сверхскопление галактик: диаметр 40 Мпс, число галактик 10000 (ближайшие – в созвездиях Льва и Геркулеса).
2. Скопление галактик: диаметр 5 Мпс, число галактик 100-500 (ближайшие – в созвездиях Пегаса и Рыбы).
3. Группа галактик: диаметр 1 Мпс, число галактик 5-30 (ближайшие находятся на расстоянии 2-4 Мпс).



Звездная система Млечный путь. (Содержит около 150 млрд. звезд).



Полный оборот осуществляется за 180 млн. лет.

Космологические парадоксы.

1. При построении механической модели Ньютон пришел к бесконечности Вселенной, но рассматривал и альтернативный вариант – конечную Вселенную. Вывод о бесконечности был сделан во избежание гравитационного парадокса. При конечности Вселенной должен существовать центр гравитации, к которому будут притягиваться все тела, образуя через некоторое время единую массу. Но бесконечность Вселенной привела спустя столетие к другому гравитационному парадоксу, на который указали Нейман и Зелигер: Гравитационные силы, воздействующие на тело, должны оказаться бесконечно большими («раздирающими» тело), а в некоторых случаях по расчетам ученых эти силы становились неопределенными, а, следовательно, не определено и движение тела.
2. Фотометрический парадокс Х.Шезо (1774г.) и В.Ольберса (1826г.): при бесконечной Вселенной, заполненной бесконечным числом звезд, небо должно быть равномерно светящимся.
3. После открытия второго начала термодинамики Кельвин и Клаузиус сформулировали парадокс «тепловой смерти» Вселенной. При всех превращениях различные виды энергии, в конечном счете, переходят в тепло. В соответствии со вторым началом термодинамики, Вселенная будет стремиться к термодинамическому равновесию, поскольку тепло необратимо рассеивается. Все активные процессы в природе прекратятся, звезды погаснут, возникнет холодная пустыня.

Одновременное преодоление, возводимых гравитационным и фотометрическим парадоксом, предложил **К.Шарлье (1908 г.)**, выдвинув гипотезу бесконечной и стационарной Вселенной.

Он развил иерархическую концепцию Лапласа и показал, что при бесконечной иерархии объектов во вселенной по их размерам и соответствующему увеличению расстояний между объектами, гравитация и освещенность подчиняются закону обратных квадратов. Чем крупнее объект, тем больше расстояние до него, и тем меньше гравитация и освещенность. Требования к иерархии оказались очень жесткими, предполагавшими практически детерминированное распределение тяготеющих масс во Вселенной.

Парадокс «тепловой смерти» Вселенной пытался преодолеть **Л.Больцман**, предложив вероятностную трактовку второго начала термодинамики, согласно которой в некоторых областях Вселенной с весьма малой вероятностью возможны флуктуации (отклонения) от термодинамического равновесия. Вероятность образования подобного «островка жизни», как в дальнейшем подсчитали ученые, практически равна нулю.

Устранение космологических парадоксов стало возможным только после отказа от классической ньютоновской модели Вселенной.

Мир Фридмана.

А.Фридман показал, что уравнения ОТО можно применять к Вселенной без учета космологической постоянной, в этом случае Вселенная будет изменяться со временем, т.е. окажется нестационарной:

- 1. Расширяющейся**
- 2. Сжимающейся**
- 3. Пульсирующей.**

Процесс раздувания Вселенной в самой простой форме должен был бы привести к плоской Вселенной, но для этого Вселенная должна иметь среднюю плотность распределения вещества во Вселенной равную критической плотности ($5 \cdot 10^{-27}$ кг/м³).

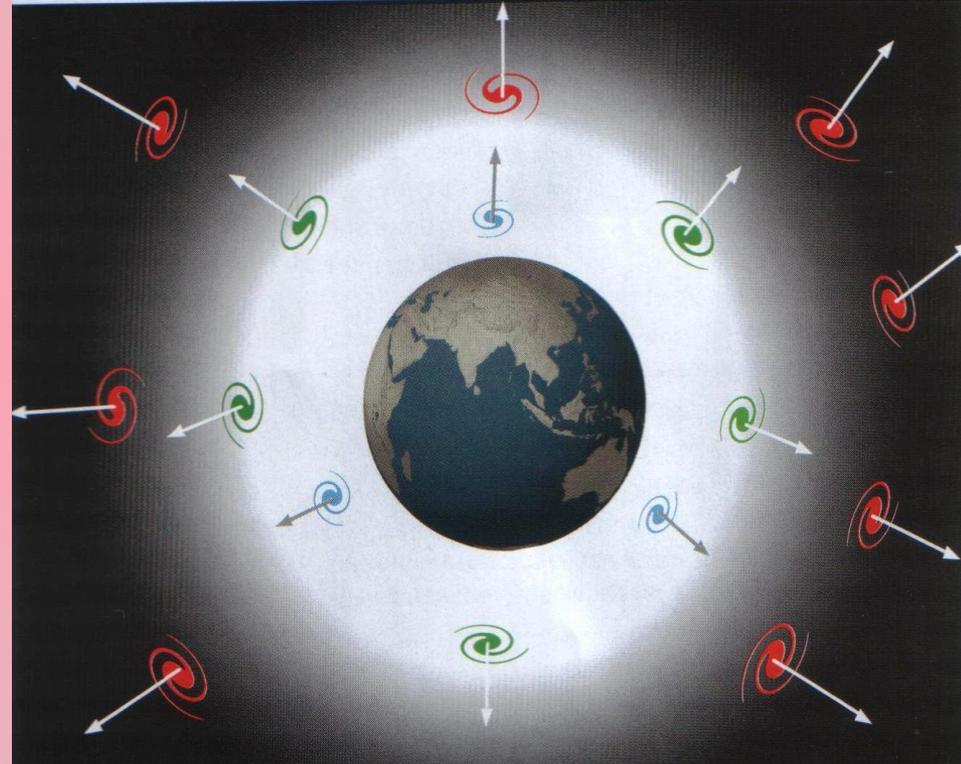
Если средняя плотность больше критической – вещества достаточно много и гравитационное притяжение достаточно велико, чтобы повернуть процесс расширения вспять. Вселенная должна искривиться сама в себе, образовав замкнутое пространство конечного объема. Кривизна ее становится положительной, Вселенная конечна и неограниченна, а ее эволюция заканчивается сжатием.

Если вещества мало (средняя плотность меньше критической), гравитация не может преодолеть расширение. Кривизна пространства отрицательна и соответствует модели открытого мира.

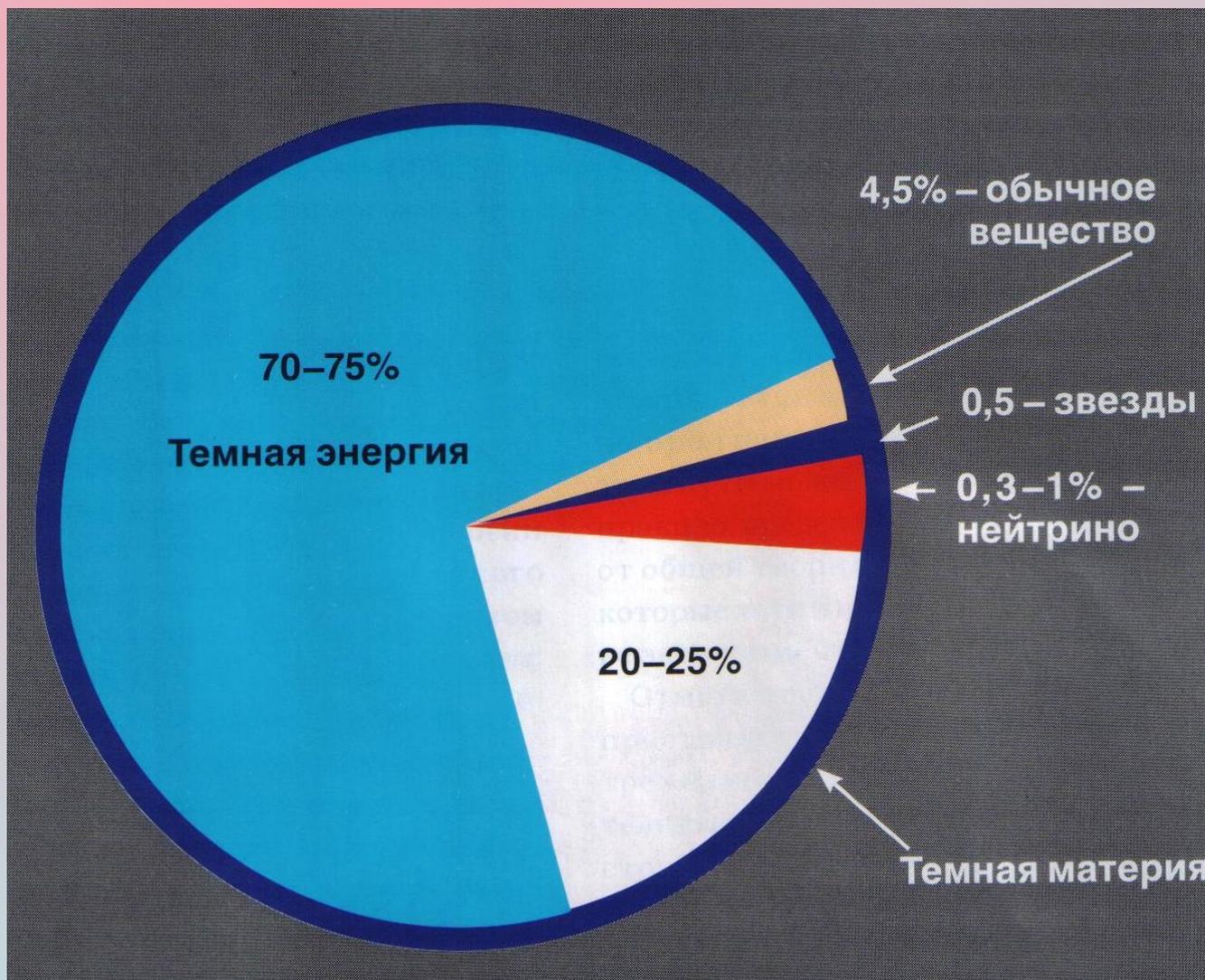
Раздувание Вселенной и темная энергия.

Из теории раздувания следует, что Вселенная должна быть плоской, но наблюдения показывают, что реальная плотность распределения вещества во Вселенной составляет лишь 40% от той величины, которая необходима для поддержания плоскостности.

Майкл Тернер (Чикагский университет) назвал этот недостающий компонент «темной или странной энергией».



Баланс энергий в современной Вселенной.



Эффект Хаббла. (1929 г.)

Весто Слайфер открыл эффект красного смещения в спектрах галактик.

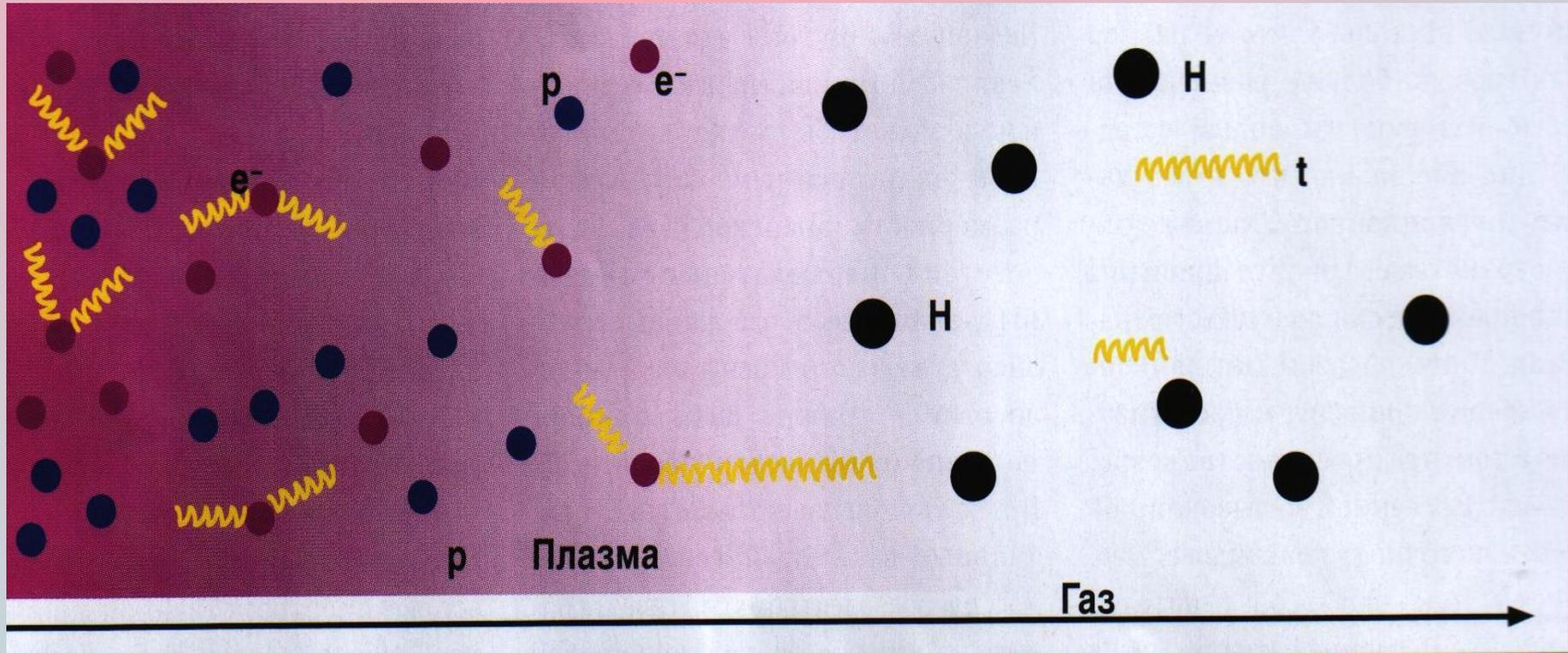
Разбегание от Земли как от центра – эффект кажущийся: каждый элемент объема окружающей нас части Вселенной равномерно расширяется, и из любой точки пространства будет наблюдаться вышеупомянутое расширение.

Чем дальше от нас находятся галактики, тем больше наблюдаемое красное смещение, причем скорость разбегания пропорциональна расстоянию.

Отношение приращения скорости к приращению расстояния известно как постоянная Хаббла $(1,6-3,2) * 10^{-18} \text{ с}^{-1}$.

Закон Хаббла позволил определить «нулевую точку отсчета»: возраст Вселенной – 15 млрд. лет.

Теория Большого взрыва.



ЧЕТЫРЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Электро-
магнитное

Гравита-
ционное

Сильное
ядерное

Слабое
ядерное



Нейтрон

Протон



Протон

Гелий-4

Антинеutrino

НАША
ВСЕЛЕННАЯ

▲ Появляются элементарные частицы и четыре фундаментальных взаимодействия. При экстремальной температуре Вселенной слабое взаимодействие препятствует возникновению массы у вещества

Охлаждение делает слабое взаимодействие действительно слабым, вещество может приобретать массу

▲ Верхний и нижний кварки объединяются, образуя протоны (ядра водорода) и нейтроны

▲ Некоторые протоны объединяются в ядра гелия-4. Этот процесс зависит от слабого ядерного взаимодействия по переходу протонов в нейтроны, электроны и антинейтрино

10⁻⁴⁰ СЕКУНДЫ

10⁻¹² СЕКУНДЫ

10⁻⁶ СЕКУНДЫ

1 СЕКУНДА — 3 МИНУТЫ

АЛЬТЕРНАТИВ-
НАЯ ВСЕЛЕННАЯ

▼ Появляются некоторые элементарные частицы, но частицы вещества уже обладают массой

▼ Верхний и нижний кварки объединяются в протоны и нейтроны

▼ Некоторые протоны и нейтроны объединяются в ядра дейтерия и затем в ядра гелия-3. Протоны не могут преобразовываться в нейтроны

ТРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (слабое ядерное взаимодействие отсутствует)



Электро-
магнитное

Гравита-
ционное

Сильное
ядерное



Нейтрон

Протон



Нейтрон

Дейтерий

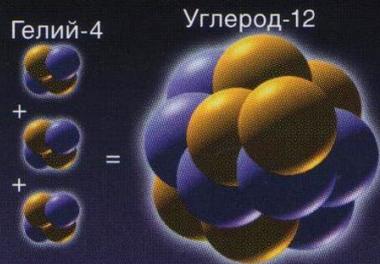
Гелий-3

Протон

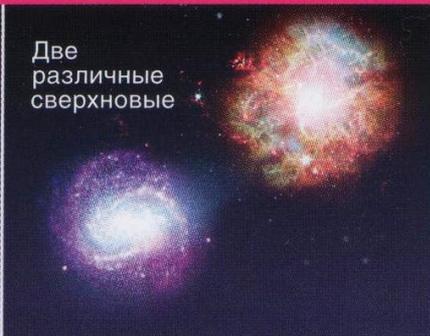
Протон



▲ Образуются первые звезды, а затем галактики и новые поколения звезд. Звезды взрываются преимущественно за счет слияния водорода с образованием гелия-4



▲ В звездах гелий-4 объединяется в углерод и другие элементы в периодической таблице вплоть до железа. В результате других процессов создаются следующие после железа элементы



Две различные сверхновые

▲ Звезды следующих поколений коллапсируют и взрываются как сверхновые. Звезды иного типа взрываются после аккреции на них вещества — другой тип сверхновых. Сверхновые рассеивают элементы в пространстве



Обитаемая планета (Земля)

▲ Формируется Солнечная система. Земля — третья планета от Солнца. Появляются разумные существа, которые изумляются, почему Вселенная такова, какова она есть

150 ТЫС. ЛЕТ — 7 МЛРД ЛЕТ

▼ Образуются первые звезды, затем галактики и новые звезды. Эти звезды более холодные, они излучают энергию в основном за счет слияния дейтерия и водорода и создания гелия-3

▼ В звездах образуется и немного гелия-4 за счет слияния дейтерия, а затем при слиянии гелия образуются углерод и другие элементы вплоть до железа. Более тяжелые элементы практически отсутствуют

7 МЛРД ЛЕТ

▼ Коллапс звезд не порождает сверхновых. Так, они как бы «шипят, но не горят». Однако некоторые звезды все же становятся сверхновыми после аккреции на них вещества. Сверхновые рассеивают рожденные в их недрах химические элементы

8 МЛРД ЛЕТ

▼ Образуется Солнечная система. Чтобы быть обитаемой, Земля в этом мире, лишенном слабого взаимодействия, должна быть ближе к своему слабому светилу, чем Меркурий к нашему Солнцу. Появляются разумные существа, которые изумляются, почему их вселенная такова, какова она есть

13,7 МЛРД ЛЕТ



Сверхновая первого типа



Обитаемая планета

ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ



Современные астрономические инструменты установили существование невидимой материи и энергии во Вселенной, но смогли только слегка поцарапать верхушку айсберга неизвестных нам частиц и взаимодействий

НЕБАРИОННАЯ МАТЕРИЯ (23%)

Так называемая «экзотическая» материя; может быть чувствительной только к некоторым из известных типов взаимодействий

ГОРЯЧАЯ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Некоторые виды материи, например нейтрино, существуют только при субсветовых скоростях

ХОЛОДНАЯ ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Некоторые виды материи с момента рождения движутся очень медленно

САМОДЕЙСТВИЕ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ

Частицы могут взаимодействовать друг с другом гораздо интенсивнее, чем с частицами обычной материи

ЗЕРКАЛЬНОЕ ВЕЩЕСТВО

Каждая частица обычной материи обладает своим «зеркальным отражением» в скрытом мире

СКРЫТЫЕ СИЛЫ (МОДЕЛЬ БЕЗ ЧАСТИЦ-ВИМПОВ)

Частицы могут быть чувствительны к «темным» аналогам электромагнитных и слабых ядерных взаимодействий

СУПЕРВИМПЫ

Частицы, представляющие собой продукты распада вимпов, могут быть чувствительными только к гравитационным взаимодействиям, но не к слабым ядерным

СУПЕРСИММЕТРИЧНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Принципы суперсимметрии обосновывают возможность существования новых частиц

«ИЗБЕГАНИЕ»

Наиболее обособленные из тех, с кем не взаимодействующие частицы – предпочтительные кандидаты на роль темной материи

БАРИОННАЯ МАТЕРИЯ (4%)

Обычная видимая материя, построенная из атомов, чувствительна ко всем четырем типам взаимодействий. Она составляет доступную для наблюдений часть Вселенной

ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ (73%)

КВИНТЭССЕНЦИЯ

Одна из динамических форм темной энергии, которая может возникать при взаимодействии с материей

ЭНЕРГИЯ ВАКУУМА

Кажущееся пустым пространство в действительности может быть заполнено темной энергией, рожденной вследствие неустранимых квантовых флуктуаций вещества

АКСИОНЫ

Частицы более легкие и слабо взаимодействующие, чем нейтрино, могут помочь решить загадку темной материи с помощью сильных ядерных взаимодействий

ВИМПЫ (WIMP)

Слабо взаимодействующие массивные частицы участвуют в гравитационных взаимодействиях и подчиняются силам слабого ядерного взаимодействия

Гравитация

Гравитация

Слабые ядерные силы

Циклическое мироздание.

ФОРМИРОВАНИЕ
ФЛУКТУАЦИЙ

СБЛИЖЕНИЕ
БРАН

ПЛОСКАЯ ПУСТАЯ
ВСЕЛЕННАЯ

БОЛЬШОЙ
ВЗРЫВ

МОЛОДАЯ
ГОРЯЧАЯ
ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОЛОГИЧЕСКОЕ
РАСШИРЕНИЕ

ТЕМНАЯ
ЭНЕРГИЯ

СОВРЕМЕННАЯ
ВСЕЛЕННАЯ

