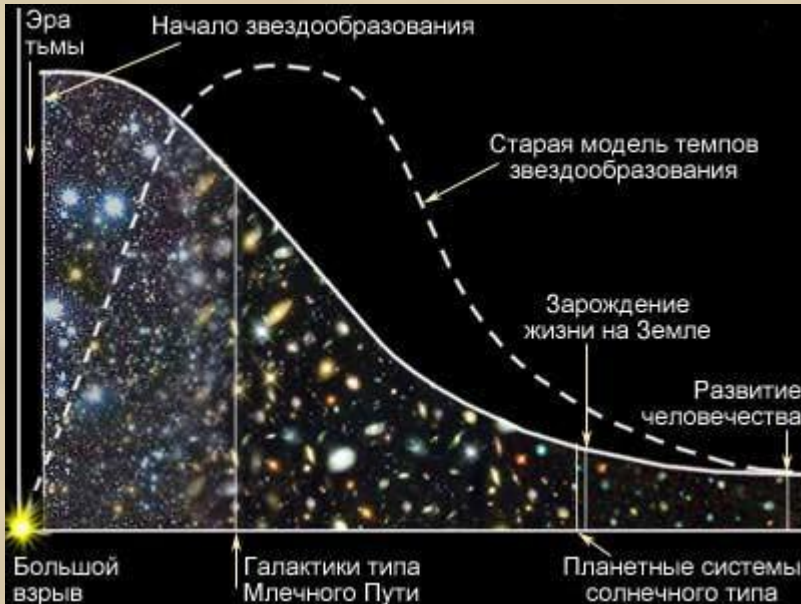


Происхождение и эволюция галактик и звезд

Альнилам

Альнитак

Модель звездообразования



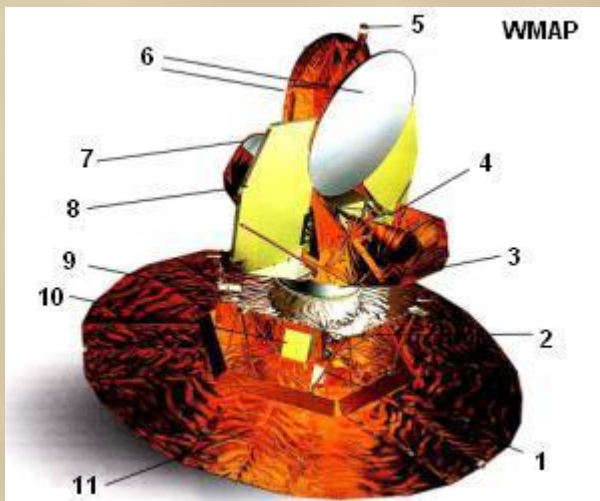
Радиус видимой части Вселенной – Метагалактики не может превышать расстояние, которое излучение проходит за время, равное возрасту Вселенной – $13,7 \pm 2$ млрд. лет по современным представлениям. Следовательно галактики, родившиеся почти через 0,5 млрд. лет от Большого Взрыва, имеют возраст свыше 13 млрд. лет.

Самые старые звезды с возрастом свыше 10 млрд. лет входят в состав шаровых звездных скоплений (население 2-го типа с низким содержанием элементов тяжелее He). Скорее всего они образовались одновременно с галактиками.



Шаровое звездное скопление M80 в созвездии Скорпиона в 8280 пк.

Возраст Вселенной и галактик



30 июня 2001 года с "Мыс Канаверал" стартовал астрономический аппарата НАСА "MAP" ("Microwave Anisotropy Probe") массой 840 кг и стоимостью 145 млн. \$ и 1 октября 2001 года он достиг точки либрации L2 (гравитационного баланса между Солнцем, Землей и Луной), удаленной на 1,5 миллиона километров от Земли. Назначение КА - составить объемную картину взрыва и заглянуть в то время, когда еще не возникли звезды и галактики.

WMAP: 1-балансирующие грузы системы точной стабилизации, 2-датчик системы навигации, 3-блок приемной электроники, 4-волновод, 5-всенаправленная антенна, 6-зеркало 1,4*1,6 м, 7-второй рефлектор, 8-охлаждение, 9-крепежная платформа, 10-электроника, 11-экран от солнечного света.

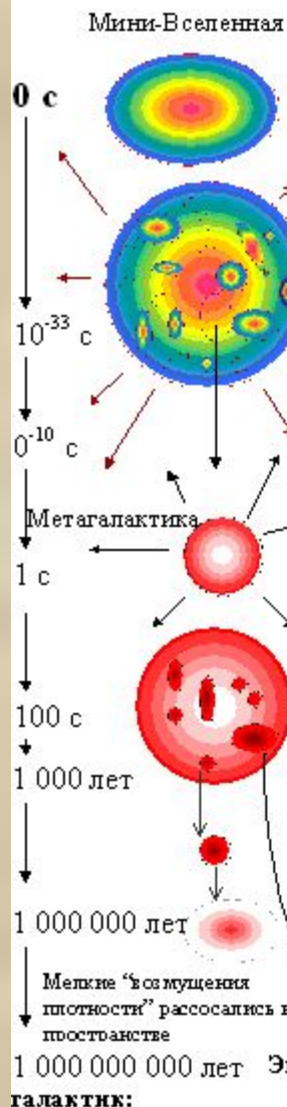
С помощью космического аппарата НАСА WMAP собирающего сведения о фоновом микроволновом излучении, к 2006 году установлено:

- а) Возраст нашей Галактики составляет 13,7 млрд.лет (точность 1%).
- б) Вселенная состоит из
 - 4% атомов видимого вещества;
 - 23% занимает темное вещество;
 - остальные 73% загадочная "антигравитация" (темная энергия), побуждающая Вселенную расширяться.

Галактики начали образовываться через 100 млн.лет после Большого Взрыва и в последующие 3-5 млрд.лет сформировались и сгруппировались в скопления. Следовательно возраст самых старых эллиптических галактик около 14 млрд.лет.

Первые звезды появляются через 1млн.лет после Большого Взрыва, следовательно должны иметься звезды с возрастом около 14 млрд.лет.

Возникновение галактик



"Большой Взрыв". Из "сингулярного" - неразличимо-бесконечно-плотного единения материи выделилась и стала расширяться по экспоненциальному закону: $R(t) \sim \frac{1}{H} \exp(H \cdot t)$ часть Вселенной - **Мини-Вселенная**.

Внутренняя неустойчивость материи Мини-Вселенной вела к ее дроблению на множество мелких обособленных областей - метagalактик.

Возникла **Метагалактика** - часть Вселенной, в которой мы живем и которая доступна нашим наблюдениям. В момент образования плотность материи Метагалактики достигала 10^{77} кг/м³ при температуре 10^{30} К! Метагалактика состояла из сверхмассивных сверхэнергичных, непрерывно взаимодействовавших между собой элементарных частиц.

Метагалактика расширяется по линейному закону: $R_M(t) \sim \sqrt{t_M}$. В настоящее время размеры Метагалактики достигают 10^{26} м!

В ходе непрерывного взаимодействия и распада сверхмассивных сверхэнергичных частиц возникли почти все известные элементарные частицы (электроны, протоны, фотоны, нейтроны и т.д.), ядра атомов гелия и ничтожное число ядер атомов других элементов.

Образовались **"возмущения плотности"** - неоднородности, сгустки космической среды массой свыше 10^{14} кг, состоявшие на 70-75% из протонов и электронов и на 25-30 % из α -частиц.

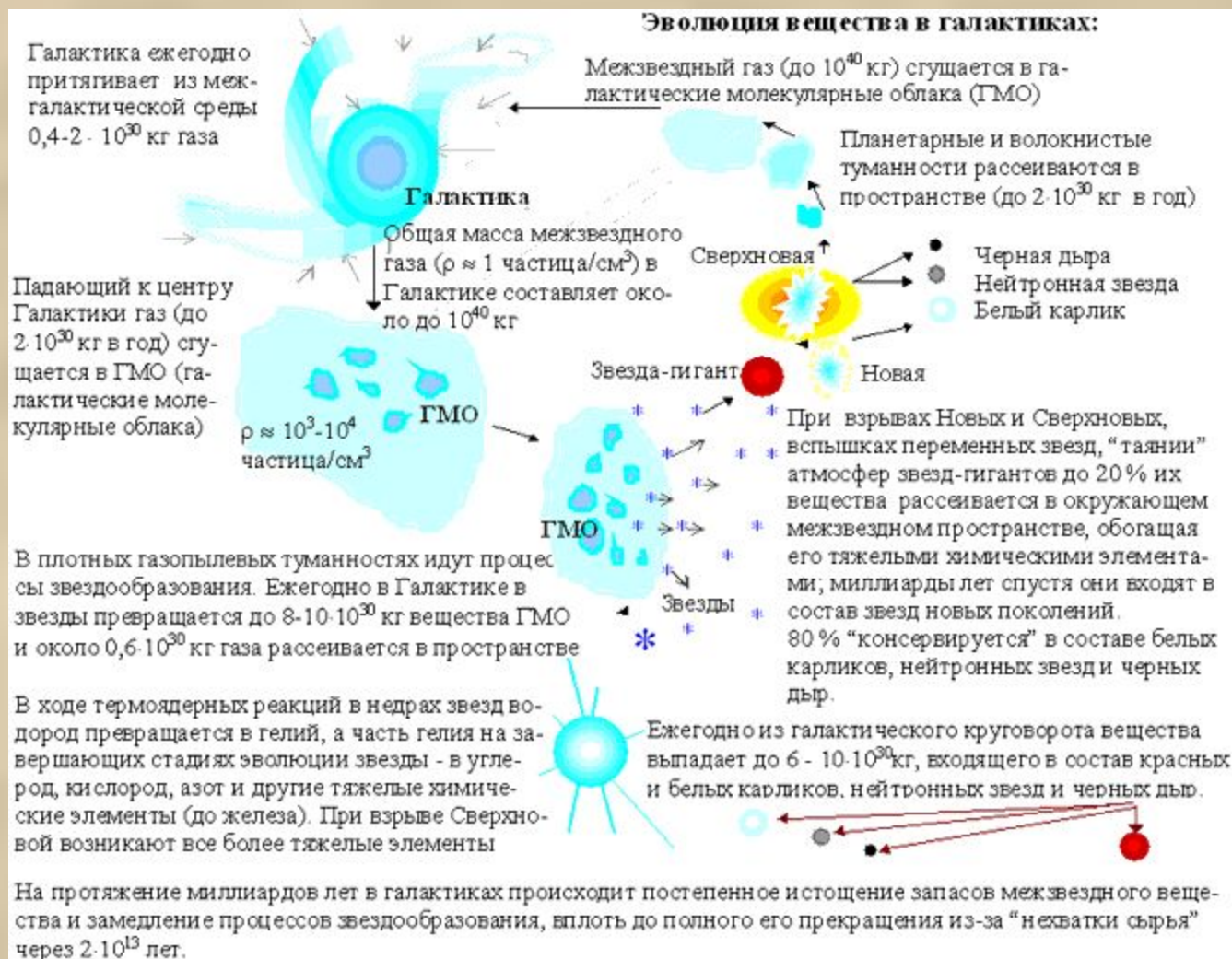
Наступила **"Эпоха рекомбинации"**: температура Метагалактики упала ниже 4 000 К, энергия частиц уменьшилась, а расстояния между ними выросли настолько, что свет (фотоны) перестал непрерывно взаимодействовать (ионизировать) вещество. Образовались нейтральные атомы. Метагалактика состояла на 70-75 % из атомов водорода, на 25-30 % - из гелия и менее чем на 0,01 % из других атомов.

"Возмущения плотности" с большой массой сохранились, притягивали вещество из окружающего пространства и преобразовались в **"близов"** массой $10^{35} - 10^{42}$ кг с температурой $10^4 - 10^6$ К

Неоднородность распределения вещества и тепловая неустойчивость привели к распаду **"близов"** на множество мелких протогалактических облаков массой $10^{35} - 10^{42}$ кг с температурой $10^4 - 10^6$ К, сжимавшихся под действием сил тяготения.



Эволюция вещества в галактике



Краткая история развития Вселенной

Время	Температура	Состояние Вселенной
$10^{-45} - 10^{-37}$ сек	Более 10^{26} К	Инфляционное расширение
10^{-6} сек	Более 10^{13} К	Появление кварков и электронов
10^{-5} сек	10^{12} К	Образование протонов и нейтронов
10^{-4} сек - 3 мин	$10^{11} - 10^9$ К	Возникновение ядер дейтерия, гелия и лития
400 тыс. лет	4000 К	Образование атомов
15 млн. лет	300 К	Продолжение расширения газового облака
1 млрд. лет	20 К	Зарождение первых звезд и галактик
3 млрд. лет	10 К	Образование тяжелых ядер при взрывах звезд
10 - 15 млрд. лет	3 К	Появление планет и разумной жизни
10^{14} лет	10^{-2} К	Прекращение процесса рождения звезд
10^{37} лет	10^{-18} К	Истощение энергии всех звезд
10^{40} лет	-20 К	Испарение черных дыр и рождение элементарных частиц
10^{100} лет	$10^{-60} - 10^{-40}$ К	Завершение испарения всех черных дыр

Образование звезд

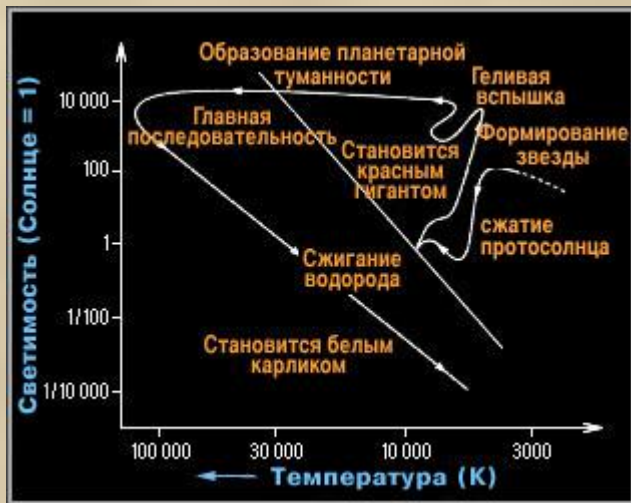


Скопление холодного газа и пыли – глобула B68 (каталог Барнарда), фрагмент ГМО. Масса глобулы может достигать до $100 M_{\odot}$.

Звезды образуются всегда группами (скоплениями) в результате гравитационной неустойчивости в холодных ($T=10K$) и плотных молекулярных облаках массой не менее $2000 M_{\odot}$. ГМО с массой более $10^5 M_{\odot}$ (известно более 6000) содержат до 90% всего молекулярного газа Галактики.

Сжатию способствуют ударные волны при расширении остатков вспышек сверхновых, спиральные волны плотности и звездный ветер от горячих ОВ-звезд. Температура вещества при переходе от молекулярных облаков через фрагментацию облака (появление глоб) к звездам возрастает в миллионы раз, а плотность – в 10^{20} раз. Стадия развития звезды, характеризующаяся сжатием и не имеющая еще термоядерных источников энергии, называется протозвездой (греч. протос «первый»).

Эволюция звезд солнечного типа

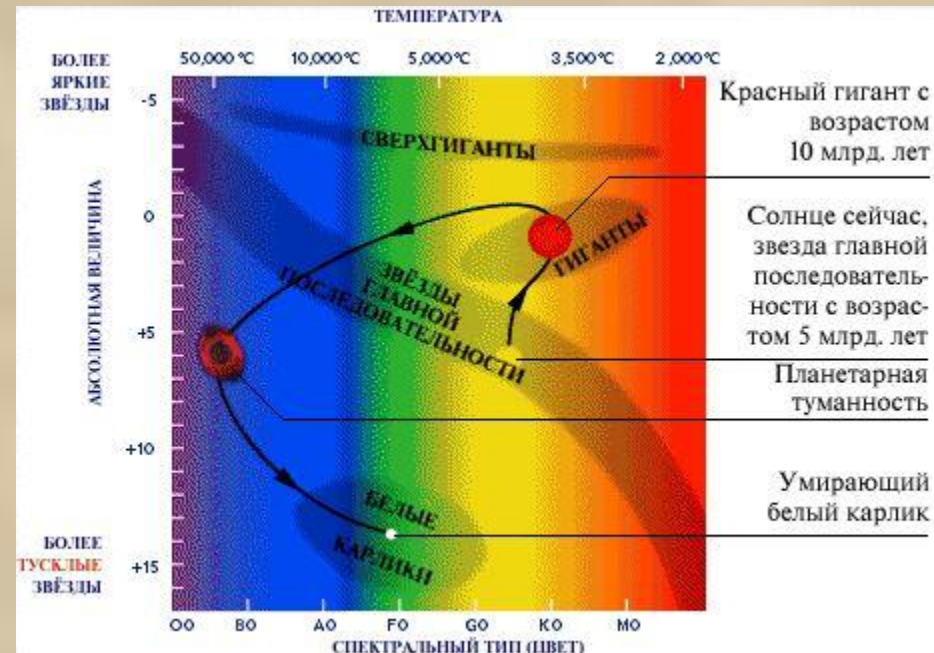


У образующейся протозвезды ядро втягивает все, или почти все вещество, сжимается и когда температура внутри превысит 10 млн.К, начинается процесс выгорания водорода (термоядерная реакция). Для звезд с M_{\odot} от самого начала прошло 60 млн.лет. На главной последовательности – самый продолжительный этап в жизни, звезды солнечного типа находится 9-10 млрд.лет.

После того как звезда израсходует содержащийся в центральной части водород, гелиевое ядро начнет сжиматься, его температура повысится настолько, что начнутся реакции с большим энерговыделением (при температуре $2 \cdot 10^7$ К начинается горение гелия - составляет по времени десятую часть горения H).

В прилегающем к ядру слое, как правило, остается водород, возобновляются протон-протонные реакции, давление в оболочке существенно повышается, и внешние слои звезды резко увеличиваются в размерах - звезда смещается вправо – в область красных гигантов, увеличиваясь примерно в размере в 50 раз.

В конце жизни, после стадии красного гиганта, звезда сжимается превращаясь в белый карлик, сбрасывает оболочку (до 30% массы) в виде планетарной туманности. Белый карлик продолжает слабо светиться еще очень долго, пока его тепло не израсходуется полностью, и он превратится в мертвого черного карлика.



Красный гигант с возрастом 10 млрд. лет

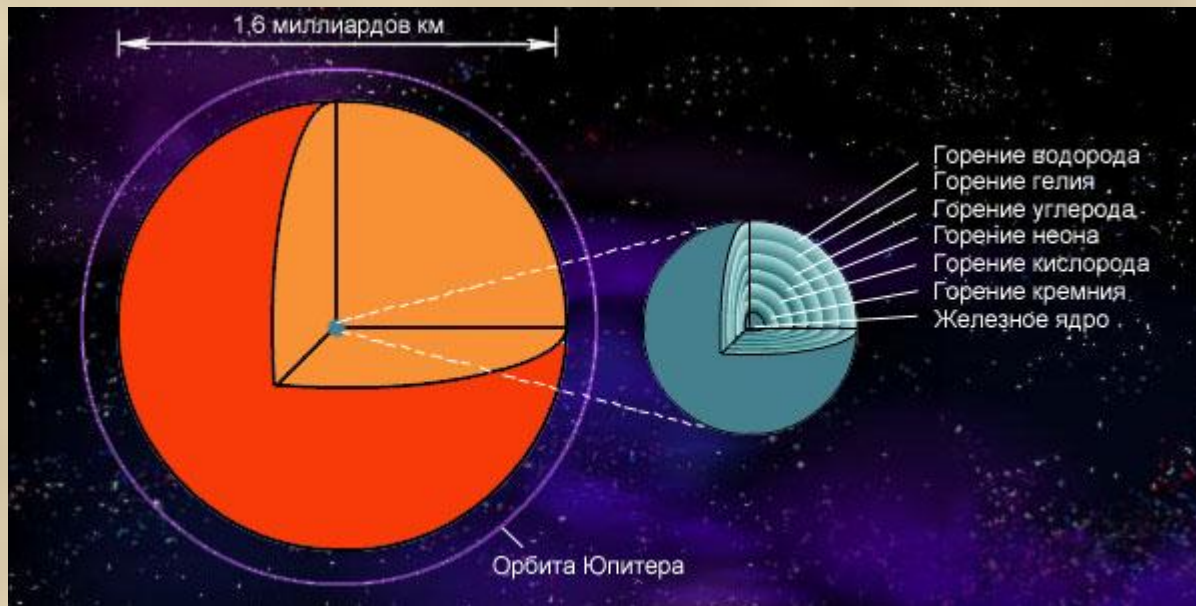
Солнце сейчас, звезда главной последовательности с возрастом 5 млрд. лет

Планетарная туманность

Умиравший белый карлик

Эволюция массивных звезд

В звездах с массой больше $10M_{\odot}$ термоядерные реакции проходят в невырожденных условиях вплоть до образования самых устойчивых элементов железного пика (рис). Масса эволюционирующего ядра слабо зависит от полной массы звезды и составляет $2-2,5 M_{\odot}$.



Сейчас известны два основных фактора, приводящие к потере устойчивости и коллапсу:

= при температурах 5–10 млрд. К начинается фотодиссоциация ядер железа – «развал» ядер железа на 13 альфа-частиц с поглощением фотонов: $56 \text{ Fe} + ? > 13 \text{ } ^4\text{He} + 4n$,

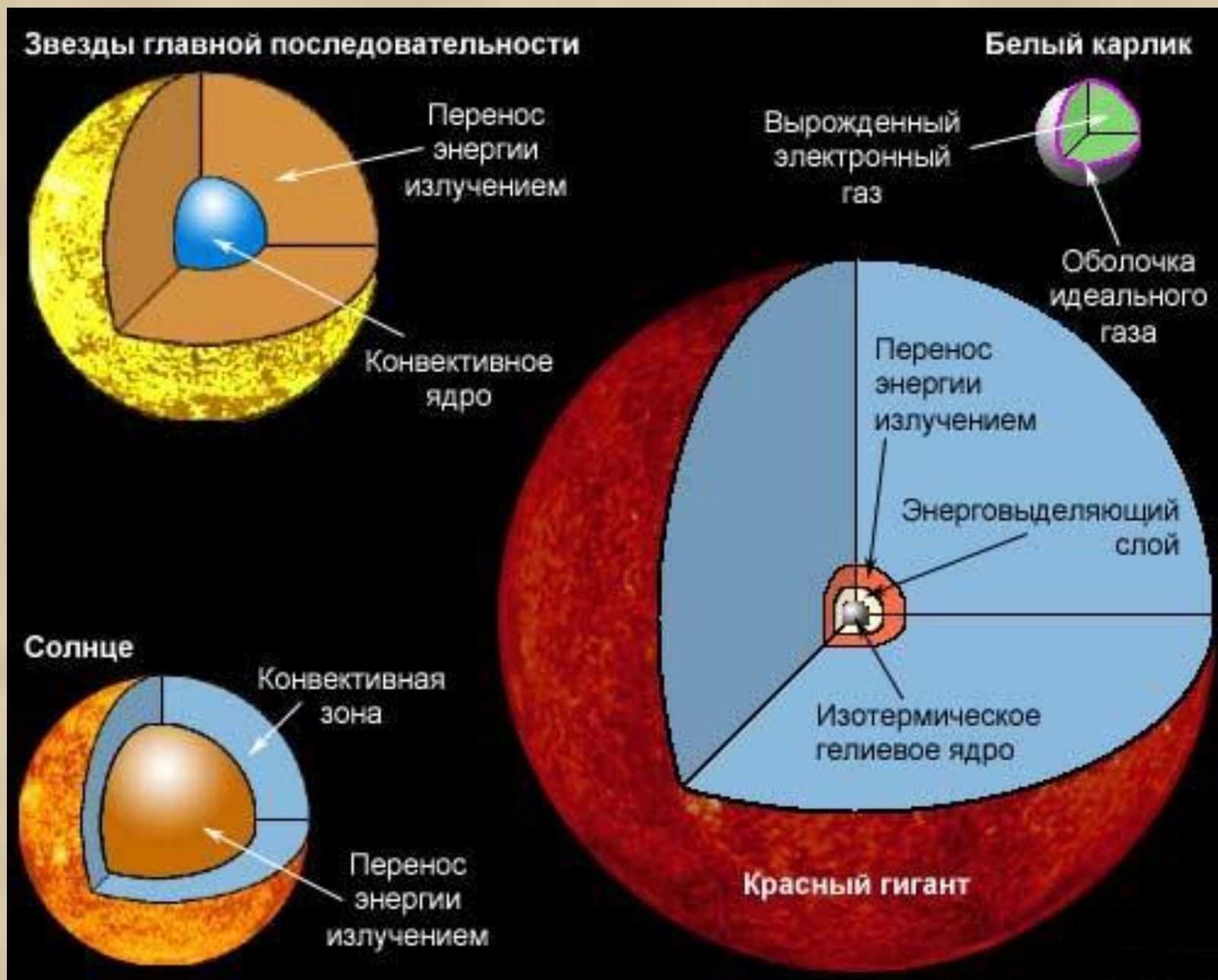
= при более высоких температурах – диссоциация гелия $^4\text{He} > 2n + 2p$ и нейтронизация вещества (захват электронов протонами с образованием нейтронов).

Сброс оболочки звезды объясняют взаимодействием нейтрино с веществом. Распад ядер требует значительных затрат энергии, вещество теряет упругость, ядро сжимается, температура возрастает, но не так быстро, чтобы приостановить сжатие. Большая часть выделяемой при сжатии энергии уносится нейтрино. В результате нейтронизации вещества и диссоциации ядер происходит как бы взрыв звезды внутрь – имплозия. Вещество центральной области звезды падает к центру со скоростью свободного падения, втягивая последовательно все более удаленные от центра слои звезды.

Начавшийся коллапс может остановиться упругостью вещества, достигшего ядерной плотности и состоящего в основном из вырожденных нейтронов (нейтронная жидкость). При этом образуется нейтронная звезда. Оболочка звезды приобретает огромный импульс и сбрасывается в межзвездное пространство со скоростью до 10 000 км/с.

При коллапсе ядер самых массивных звезд с массой более 30 масс Солнца имплозия ядра, по-видимому, приводит к образованию черной дыры.

Схематическая структура звезд различного типа



Последняя стадия эволюции звезд



NGC 6543, Туманность Кошачий Глаз — внутренняя область, изображение в псевдоцвете (красный — $H\alpha$; синий — нейтральный кислород, 630 нм; зелёный — ионизированный азот, 658.4 нм). Планетарные туманности образуются при сбросе внешних слоёв (оболочек) красных гигантов и сверхгигантов с массой 2.5—8 солнечных на завершающей стадии их эволюции.

Рисунок: аккреционный диск горячей плазмы, вращающийся вокруг чёрной дыры



Крабоподобная туманность - газовый остаток сверхновой с коллапсом ядра, взрыв которой наблюдался в 1054г. В центре - нейтронная звезда, выбрасывающая частицы, заставляющие газ светиться (голубой). Внешние волокна в основном состоят из водорода и гелия разрушенной массивной звезды.