

Типы звёзд



Содержан

- Спектральная классификация
- Диаграмма Герцшпрунга-Рассела
- Желтый карлик
- Звезды гиганты
- Звезды карлики
- Некоторые продукты эволюции звезд



Спектральная

Спектральная классификация звёзд, разделение звёзд на классы, установленные по различиям в их спектрах (в первую очередь по относительным интенсивностям спектральных линий).

Одной из классификаций звезд является **спектральная классификация**. Согласно этой классификации звезды относят в тот или иной класс согласно их спектру. Спектральная классификация звезд служит многим задачам звездной астрономии и астрофизики. Качественное описание наблюдаемого спектра позволяет оценить важные астрофизические характеристики звезды, такие как эффективная температура ее поверхности, светимость и, в отдельных случаях, особенности химического состава.

Некоторые звезды не попадают ни в один из перечисленных спектров. Такие звезды называют **пекулярными**. Их спектры не укладываются в температурную последовательность O—B—A—F—G—K—M. Хотя зачастую такие звезды представляют собой определенные эволюционные стадии вполне нормальных звезд, либо представляют звезды, не совсем характерные для ближайших окрестностей Солнца (бедные металлами звезды, такие как звезды шаровых скоплений и гало Галактики). В частности, к звездам с пекулярными спектрами относятся звезды с различными особенностями химического состава, что проявляется в усилении или ослаблении спектральных линий некоторых элементов.

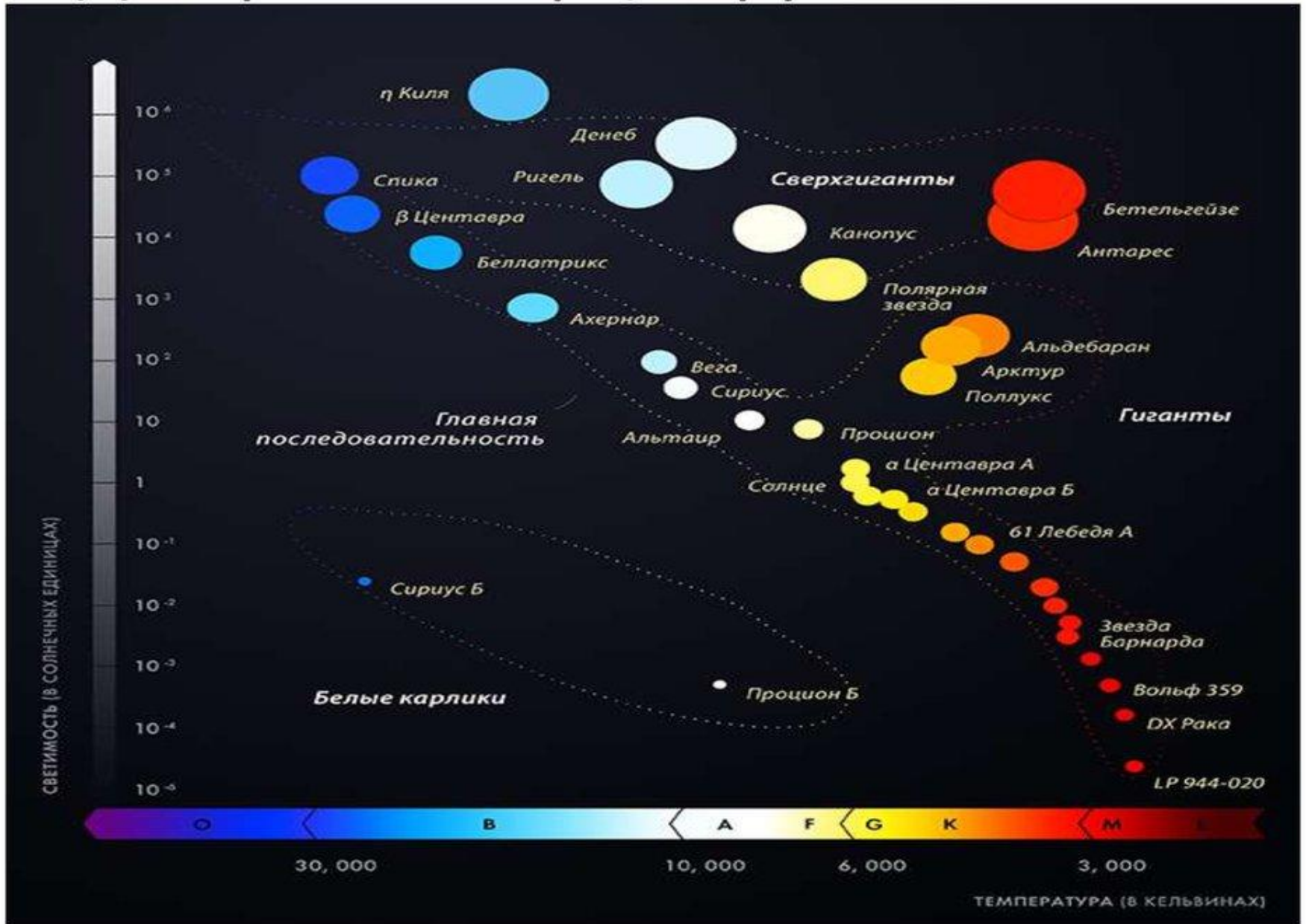
Класс	Температура, К	Истинный цвет	Видимый цвет	Масса, M_{\odot}	Радиус, R_{\odot}	Светимость, L_{\odot}	Линии водорода	Доля в глав. послед., %	Усреднённый возраст, лет
O	30 000—60 000	голубой	голубой	60	15	1 400 000	слабые	~0,00003034	10^7
B	10 000—30 000	бело-голубой	бело- голубой и белый	18	7	20 000	средние	0,1214	$5 \cdot 10^7$
A	7500—10 000	белый	белый	3,1	2,1	80	сильные	0,6068	$5 \cdot 10^8$
F	6000—7500	жёлто-белый	белый	1,7	1,3	6	средние	3,03398	$5 \cdot 10^9$
G	5000—6000	жёлтый	жёлтый	1,1	1,1	1,2	слабые	7,6456	10^{10}
K	3500—5000	оранжевый	желтовато- оранжевый	0,8	0,9	0,4	очень слабые	12,1359	$5 \cdot 10^{10}$
M	2000—3500	красный	оранжево- красный	0,3	0,4	0,04	очень слабые	76,4563	10^{12}

Диаграмма Герцшпрунга-

Она показывает зависимость между абсолютной звездной величиной, светимостью, спектральным классом и температурой поверхности звезды. Неожиданным является тот факт, что звезды на этой диаграмме располагаются не случайно, а образуют хорошо различимые участки. Диаграмма предложена в 1910 независимо друг от друга исследователями Э. Герцшпрунгом и Г. Расселом. Она используется для классификации звезд и соответствует современным представлениям о звездной эволюции.



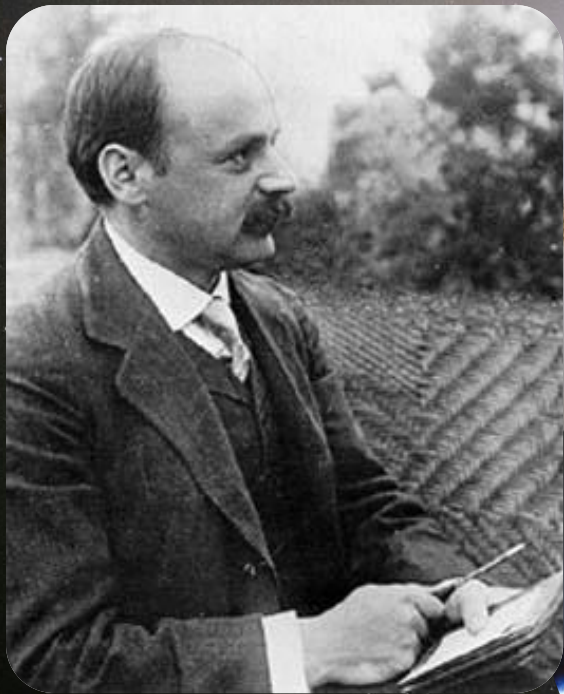
Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.



Черная

Чёрная дыра́ — область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть её не могут даже объекты, движущиеся со скоростью света.

Граница этой области называется горизонтом событий, а её радиус (если она сферически симметрична) — *гравитационным радиусом*. В простейшем случае сферически симметричной чёрной дыры он равен радиусу Шварцшильда:



Карл Шварцшильд (нем. *Karl Schwarzschild*) (9 октября 1873, Франкфурт-на-Майне — 11 мая 1916, Потсдам) — немецкий астроном и физик.

Одна из его работ по теории относительности содержала первые точные решения полевых уравнений общей теории относительности со сферической симметрией — так называемое внутренне решение Шварцшильда для невращающегося шарообразного тела из однородной жидкости и внешнее решение Шварцшильда для статического пустого пространства вокруг сферически-симметричного тела (второе сейчас именуют обычно просто решением Шварцшильда). Решение Шварцшильда было первым решением уравнений Эйнштейна с классической чёрной дырой. Поэтому несколько терминов из физики чёрных дыр получили его имя, например радиус Шварцшильда, Шварцшильдовы координаты и так далее.

Черная

Существование чёрных дыр следует из точных решений уравнений Эйнштейна, первое из которых было получено Карлом Шварцшильдом в 1916 году. Сам термин был придуман Джоном Арчибальдом Уилером в конце 1967 года и впервые употреблён в публичной лекции "Наша Вселенная: известное и неизвестное (Our Universe: the Known and Unknown)" 29 декабря 1967 года. Ранее подобные астрофизические объекты называли в англоязычной научной литературе «сколлапсировавшие звёзды», а в русскоязычной — «застывшие звёзды» или «коллапсары».





Изображение, полученное с помощью телескопа «Хаббл»: Активная галактика M87. В ядре галактики, предположительно, находится чёрная дыра. На снимке видна релятивистская струя длиной около 5 ТЫСЯЧ СВЕТОВЫХ ЛЕТ.



-- Lobe of hot gas --

Sgr A*

-- Lobe of hot gas --

Galactic Plane

Данная черная дыра является одной из наибольших известных человечеству.
На иллюстрации помечено место расположения источника рентгеновского излучения, которое ассоциируется именно с массивной черной дырой.

Желтый

Находясь на различных стадиях своего эволюционного развития, звезды подразделяются на нормальные звезды, звезды карлики, звезды гиганты. Нормальные звезды, это и есть звезды главной последовательности. К таким, например, относится наше Солнце. Иногда такие нормальные звезды называются **желтыми карликами**. Звезда может называться **красным гигантом** в момент звездообразования и на поздних стадиях развития. На ранней стадии развития звезда излучает гравитационную энергию, выделяющуюся при сжатии, до того момента пока сжатие не будет остановлено начавшейся термоядерной реакцией. На поздних стадиях эволюции звезд, после выгорания водорода в их недрах, звезды сходят с главной последовательности и перемещаются в область красных гигантов и сверхгигантов диаграммы Герцшпрунга-Рассела: этот этап длится ~ 10% от времени «активной» жизни звезд, то есть этапов их эволюции, в ходе которых в звездных недрах идут реакции нуклеосинтеза.



Звезды-

Звезда гигант имеет сравнительно низкую температуру поверхности, около 5000 градусов. Огромный радиус, достигающий 800 солнечных радиусов и за счет таких больших размеров огромную светимость. Максимум излучения приходится на красную и инфракрасную область спектра, потому их и называют красными гигантами.

Звезды карлики являются противоположностью гигантов и включают в себя несколько различных подвидов:

Белый карлик - проэволюционировавшие звезды с массой не превышающей 1,4 солнечных массы, лишённые собственных источников термоядерной энергии. Диаметр таких звезд может быть в сотни раз меньше солнечного, а потому плотность может быть в 1 000 000 раз больше плотности воды.

Красный карлик — маленькая и относительно холодная звезда главной последовательности, имеющая спектральный класс M или верхний K. Они довольно сильно отличаются от других звезд. Диаметр и масса красных карликов не превышает трети солнечной (нижний предел массы — 0,08 солнечной, за этим идут коричневые карлики).

Коричневый карлик — субзвездные объекты с массами в диапазоне 5—75 масс Юпитера (и диаметром примерно равным диаметру Юпитера), в недрах которых, в отличие от звезд главной последовательности, не происходит реакции термоядерного синтеза с превращением водорода в гелий.

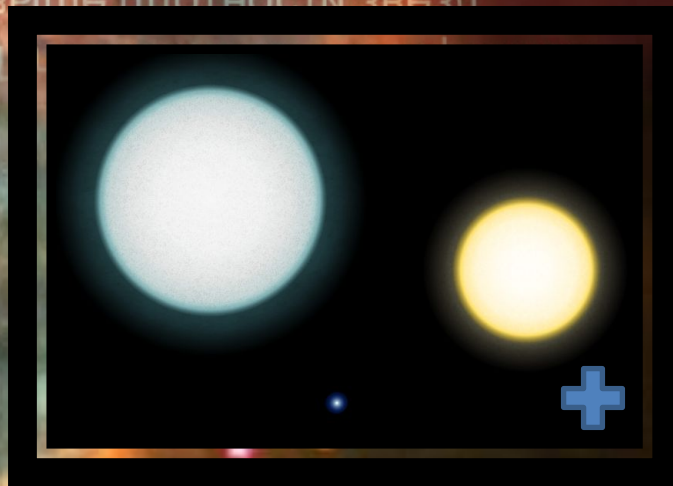
Субкоричневые карлики или коричневые субкарлики — холодные формирования, по массе лежащие ниже предела коричневых карликов. Их в большей мере принято считать планетами.

Черный карлик – остывшие и вследствие этого не излучающие в видимом диапазоне белые карлики. Представляет собой конечную стадию эволюции белых карликов. Массы черных карликов, подобно массам белых карликов, ограничиваются сверху 1,4 массами

Белые карлики

Белые карлики — проэволюционировавшие звезды с массой, не превышающей предел Чандрасекара, лишённые собственных источников термоядерной энергии.

Белые карлики представляют собой компактные звёзды с массами, сравнимыми с массой Солнца, но с радиусами в ~ 100 и, соответственно, светимостями в $\sim 10\,000$ раз меньшими солнечной. Плотность белых карликов составляет порядка 10^6 г/см³, что в миллионы раз выше плотности звёзд главной последовательности. По численности белые карлики составляют 3—10 % звёздного населения Галактики.



Сравнительные размеры Солнце (справа) и двойной системы ИК Пегаса компонент В - белый карлик с температурой поверхности 35,500 К (по центру) и компонент А - звезда спектрального типа А8 (слева)

Белые Открытия картинки

В 1844 г. директор Кёнигсбергской обсерватории Фридрих Бессель обнаружил, что Сириус, ярчайшая звезда северного неба, периодически, хотя и весьма слабо, отклоняется от прямолинейной траектории движения по небесной сфере. Бессель пришёл к выводу, что у Сириуса должен быть невидимый «тёмный» спутник, причём период обращения обеих звёзд вокруг общего центра масс должен быть порядка 50 лет. Сообщение было встречено скептически, поскольку тёмный спутник оставался ненаблюдаемым, а его масса должна была быть достаточно велика — сравнимой с массой Сириуса.



Фридрих Вильгельм Бессель
22 июля 1784 — 17 марта 1846)
— немецкий математик и
астроном XIX века.

Бремен. Памятник Бесселю.



Белые

Парадокс карлики плотности

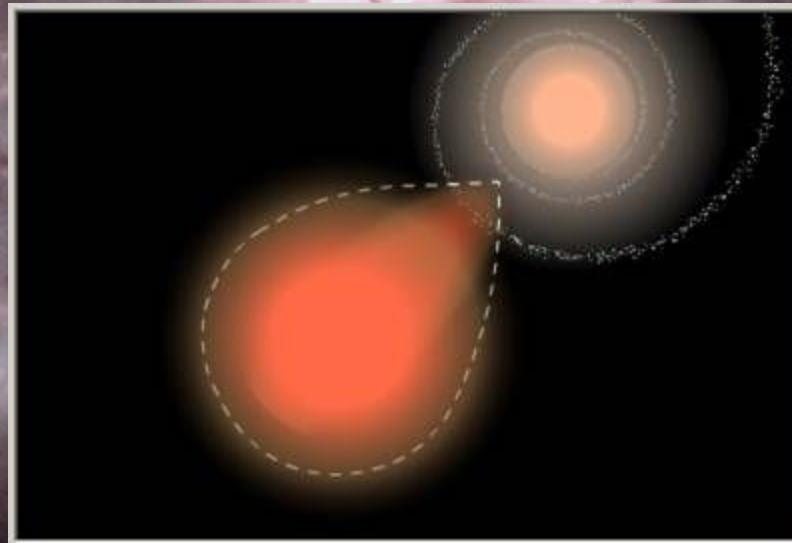
Высокая плотность белых карликов оставалась необъяснимой в рамках классической физики и астрономии и нашла объяснение лишь в рамках квантовой механики после появления статистики Ферми-Дирака. В 1926 г. Фаулер в статье «Плотная материя» показал, что, в отличие от звёзд главной последовательности, для которых уравнение состояния основывается на модели идеального газа (стандартная модель Эддингтона), для белых карликов плотность и давление вещества определяются свойствами вырожденного электронного газа (Ферми-газа).

Следующим этапом в объяснении природы белых карликов стали работы Я. И. Френкеля и Чандрасекара. В 1928 г. Френкель указал, что для белых карликов должен существовать верхний предел массы, и в 1930 г. Чандрасекар в работе «Максимальная масса идеального белого карлика» показал, что белые карлики с массой выше 1,4 солнечных неустойчивы (предел Чандрасекара) и должны коллапсировать.

Двойная

звезда

Двойная звезда — это две гравитационно связанные звезды, обращающиеся вокруг общего центра масс. Иногда встречаются системы из трёх и более звёзд; в таком общем случае система называется кратной звездой.



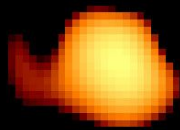
Двойная

Компоненты двойных звезд звезда

Существуют разные двойные звёзды: бывают две похожие звезды в паре, а бывают разные (как правило, это красный гигант и белый карлик). Но, вне зависимости от их типа, эти звёзды наиболее хорошо поддаются изучению: для них, в отличие от обычных звёзд, анализируя их взаимодействие, можно выяснить почти все параметры, включая массу, форму орбит и даже примерно выяснить характеристики близкорасположенных к ним звёзд. Как правило, эти звёзды имеют несколько вытянутую форму вследствие взаимного притяжения. Примерно половина всех звёзд нашей Галактики принадлежит к двойным системам, так что двойные звёзды, вращающиеся по орбитам одна вокруг другой, явление весьма распространенное.

Принадлежность к двойной системе очень сильно влияет на всю жизнь звезды, особенно когда напарники находятся близко друг к другу. Потоки вещества, устремляющиеся от одной звезды на другую, приводят к драматическим вспышкам, взрывам и сверхновых звёзд.

Изображение Переменной звезды Миры (омикрона Кита), сделанное космическим телескопом им. Хаббла в ультрафиолетовом диапазоне. На фотографии виден аккреционный "хвост", направленный от основного компонента - красного гиганта к компаньону - белому карлику



«Новые»

«**Нóвые звёзды**», в астрономической литературе обычно просто «**Новые**» — звёзды, светимость которых внезапно увеличивается в $\sim 10^3$ - 10^6 раз (в среднем увеличение светимости в $\sim 10^4$, блеска ~ 12 звёздных величин).

Водовороты газа и пыли в области формирования новой звезды, снятые космическим телескопом Hubble. Эта красотища с названием LH 95 расположена в “Большом Магеллановом Облаке”, она показывает нам области “низкой массы” - младенческие звезды, а так же несколько их более массивных соседей. Изображение получено в марте 2006 года с помощью камеры “Hubble Advanced Camera” телескопа Hubble.



Сверхновая

Сверхновые звёзды — звёзды, заканчивающие свою эволюцию в катастрофическом взрывном процессе.

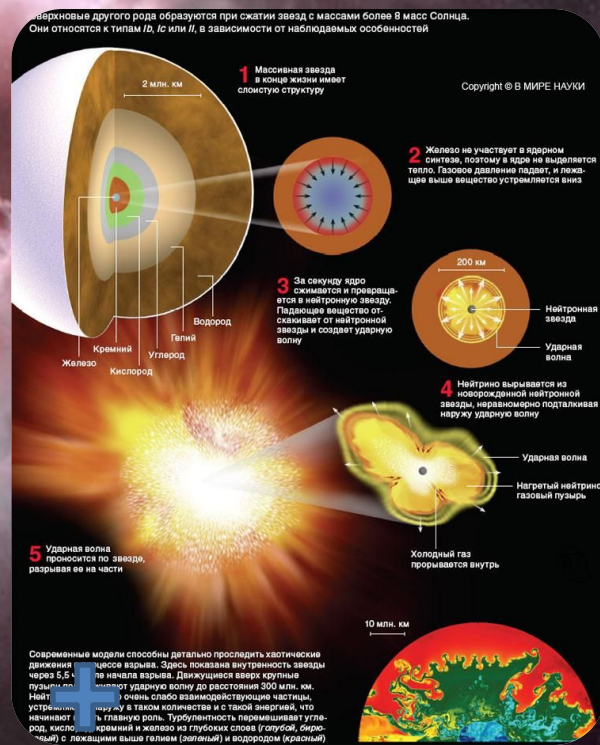
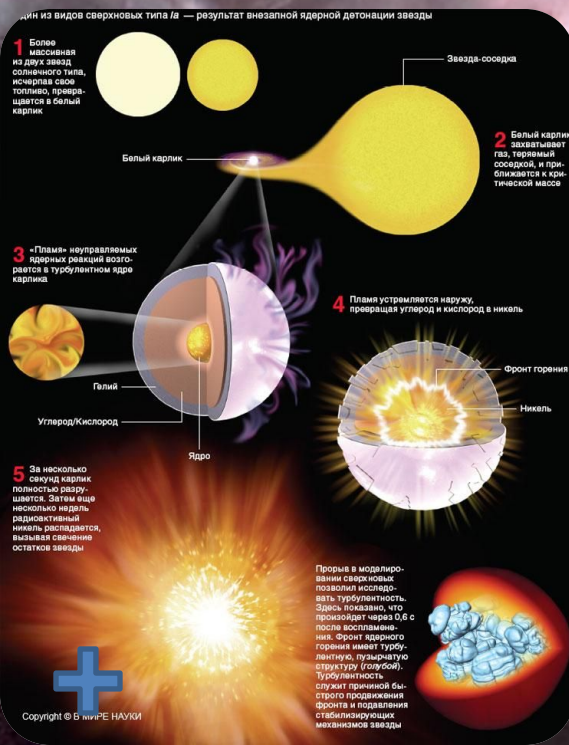
Термином «сверхновые» были названы звёзды, которые вспыхивали гораздо (на порядки) сильнее так называемых «новых звёзд». На самом деле, ни те, ни другие физически новыми не являются, всегда вспыхивают уже существующие звёзды. Но в нескольких исторических случаях вспыхивали те звёзды, которые ранее были на небе практически или полностью не видны, что и создавало эффект появления новой звезды.



Сверхновая

Наблюдения сверхновых звезд

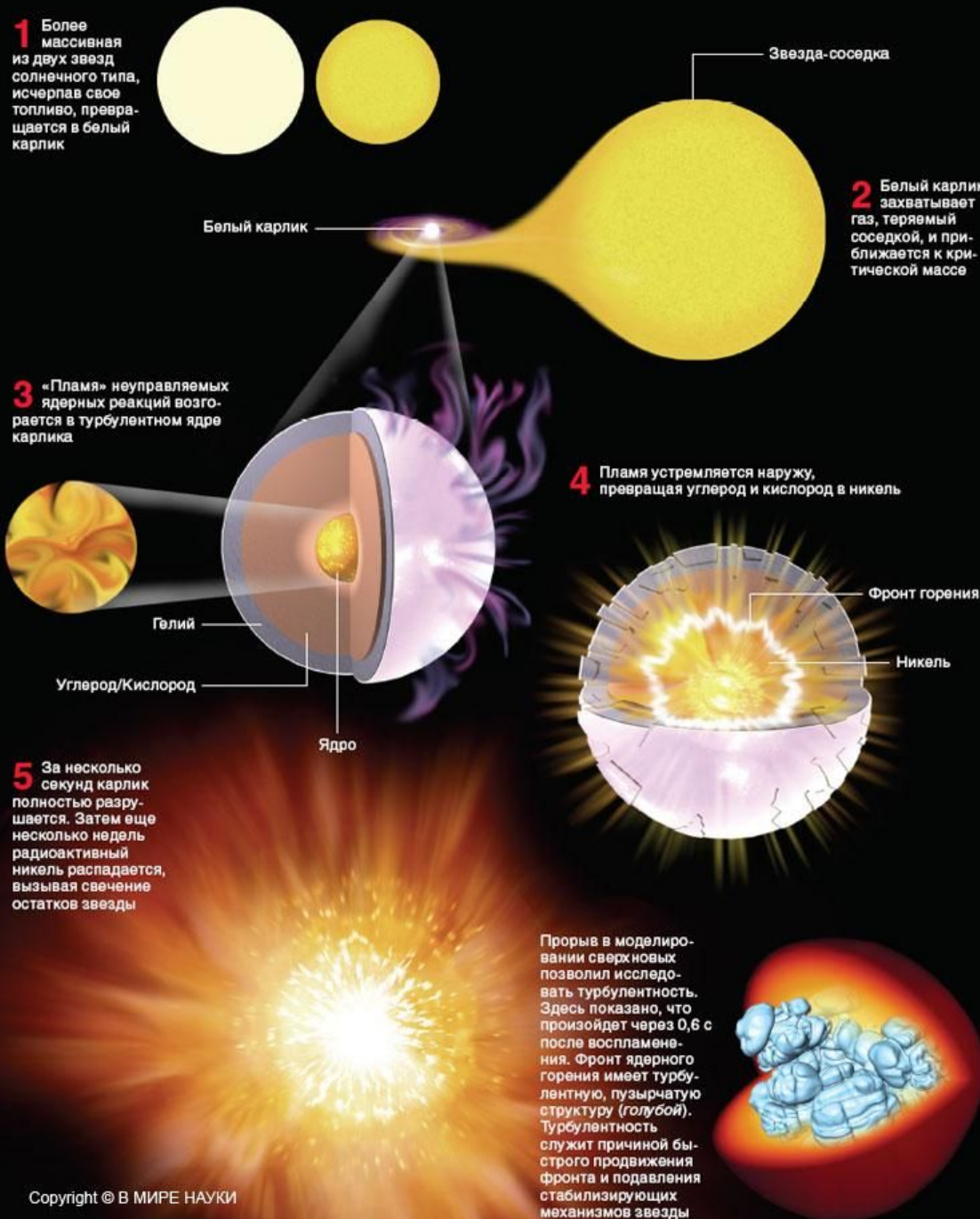
Для обозначения сверхновых астрономы используют следующую систему: сначала записываются буквы SN (от латинского SuperNova), затем год открытия, а затем латинскими буквами — порядковый номер сверхновой в году. Например, SN 1997cj обозначает сверхновую звезду, открытую 26 * 3 (c) + 10 (j) = 88-ой по счету в 1997 году.



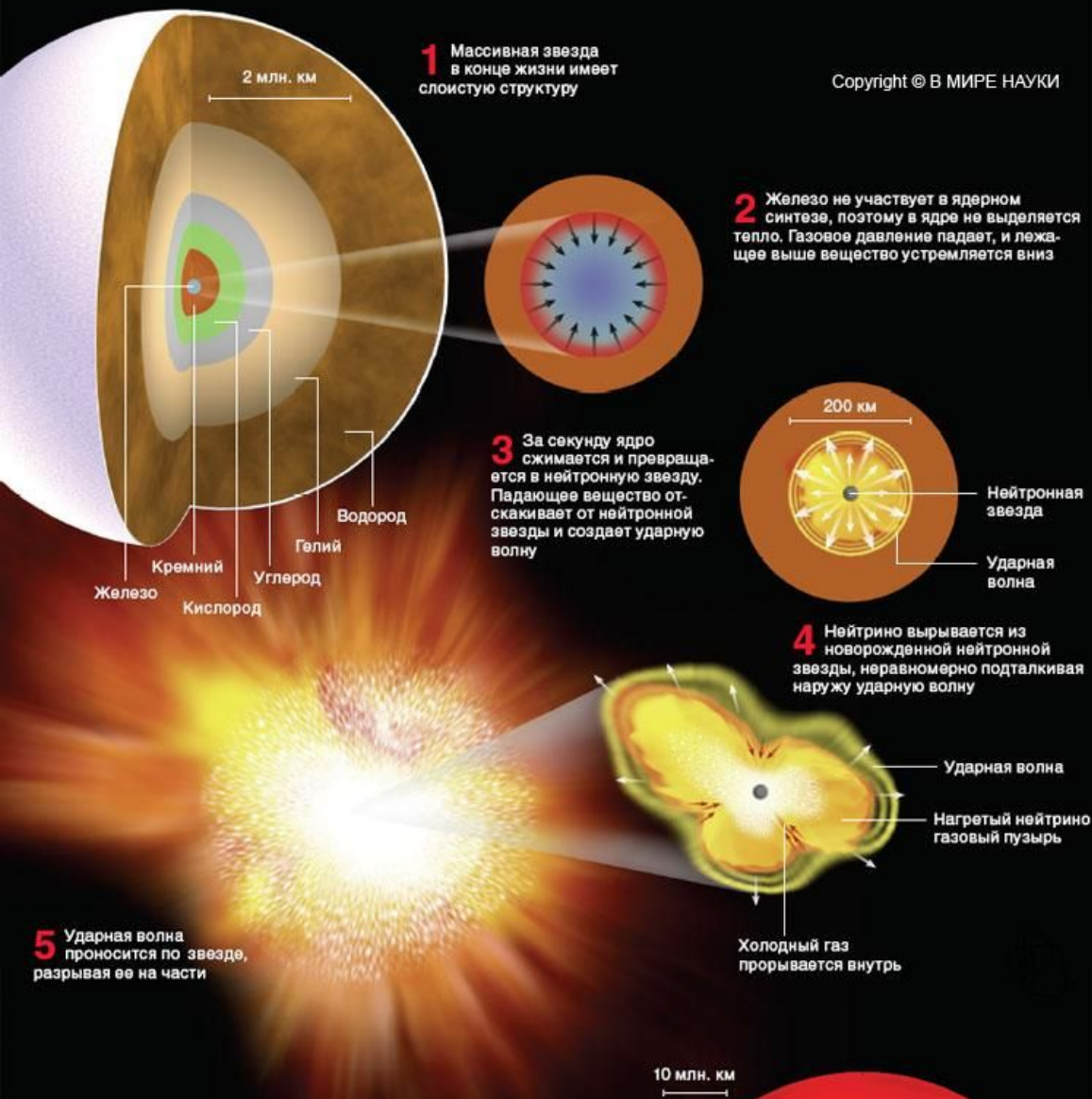
Современные модели способны детально проследить хаотические движения «шаров» звезды. Здесь показана внутренность звезды через 5,4 секунды после начала взрыва. Движущиеся вверх крупные пузыри имеют радиусы от 100 до 300 мкм. Они очень слабо взаимодействуют с остальной материей, устремляющейся наружу в таком количестве и с такой энергией, что начинают играть главную роль. Турбулентность перемешивает углерод, кислород и железо из глубоких слоев (голубой, бирюзовый) с лежащими выше гелием (зеленый) и водородом (красный).

«Пучки» с захваченными влета (зелеными) и водородом (красными) «шарами» кислорода (красный) и железом из слоев (красный) «сверхновой» ядра (красный шар) движущиеся вверх. Движущиеся вниз — водородом (красный) и гелием (зеленый) «шарами» — движущиеся вниз. Движущиеся вверх — водородом (красный) и гелием (зеленый) «шарами» — движущиеся вверх.

Прорыв в моделировании позволил исследовать турбулентность. Здесь показано, что произойдет через 0,6 с после воспламенения. Фронт ядерного горения имеет турбулентную, пузырчатую структуру (голу-бой). Турбулентность служит причиной быстрого продвижения фронта и подавления звезды.



Сверхновые другого рода образуются при сжатии звезд с массами более 8 масс Солнца. Они относятся к типам *Ib*, *Ic* или *II*, в зависимости от наблюдаемых особенностей



Показана внутренность звезды через 5,5 ч после начала взрыва. Движущиеся вверх крупные пузыри поддерживают ударную волну до расстояния 300 млн. км. Турбулентность перемешивает углерод, кислород, кремний и железо из глубоких слоев (голубой, бирюзовый) с лежащими выше гелием (зеленый).

Нейтронные звезды

Магнитное поле на поверхности нейтронных звёзд достигает значения 10^{12} — 10^{13} Гс. (для сравнения — у Земли около 1 Гс), именно процессы в магнитосферах нейтронных звёзд ответственны за радиоизлучение пульсаров.



**Фриц
Цвикки**

Нейтронные звёзды — одни из немногих астрономических объектов, которые были теоретически предсказаны до открытия наблюдателями. Ещё в 1934 году В. Бааде и Ф. Цвикки высказали предположение, что в результате взрыва сверхновой образуется нейтронная звезда. Но первое общепризнанное наблюдение нейтронной звезды состоялось только в 1968, с открытием пульсаров.