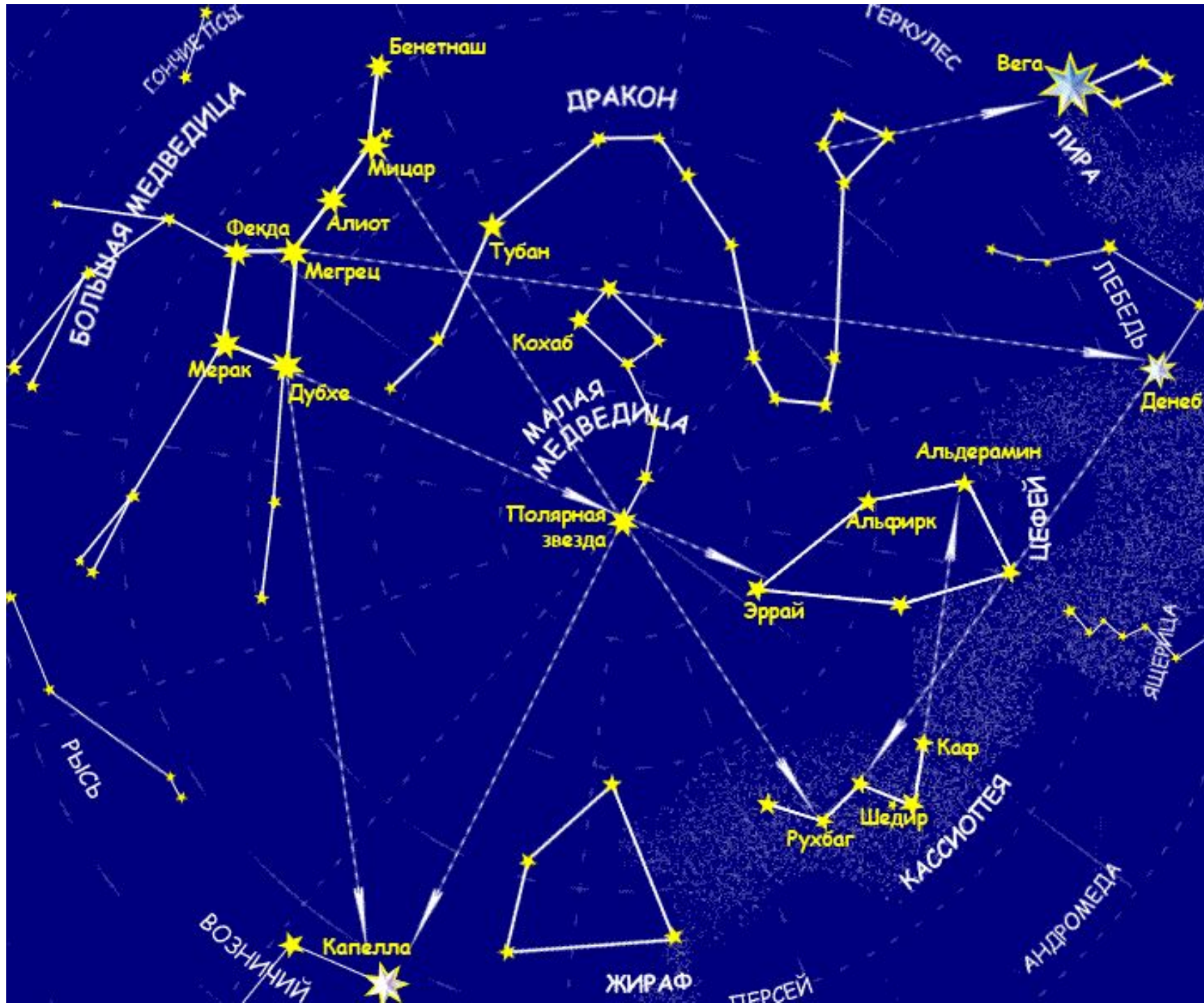





Ы.



ЗВЕЗДЫ

- Звезда – это огромный сгусток материи, находящийся в раскаленном состоянии, т.е. излучающий свет.



Невооружённым глазом
можно увидеть до 6000

Звезда - это раскалённое плазменное шарообразное космическое тело, находящееся, как правило, в гидродинамическом и термодинамическом равновесии.

Звёзды - основные жители нашей Галактики . В ней насчитывается около 200 миллиардов звёзд. С помощью даже самых больших телескопов удаётся рассмотреть лишь полпроцента от общего количества звёзд Галактики. В звёздах сосредоточено более 95 % всего вещества, наблюдаемого в природе.





1. Звезды почти целиком состоят из водорода (70-80%) и гелия (20-30%); доля всех остальных химических элементов составляет от 0,1% до 4%.
2. В недрах звезд происходят термоядерные реакции.
3. Существование звезд обусловлено равновесием сил тяготения и лучевого (газового) давления.
4. Законы физики позволяют рассчитывать все основные физические характеристики звезд на основе результатов астрономических наблюдений.
5. Основным, наиболее продуктивным методом исследования звезд является спектральный анализ их излучения.

ОСНОВНЫЕ характеристики звезд

m -видимая звёздная величина (- 0 +)

L -светимость –зависит от T и размера, не зависит от расстояния от звезды до Земли

T -температура определяет цвет звезды

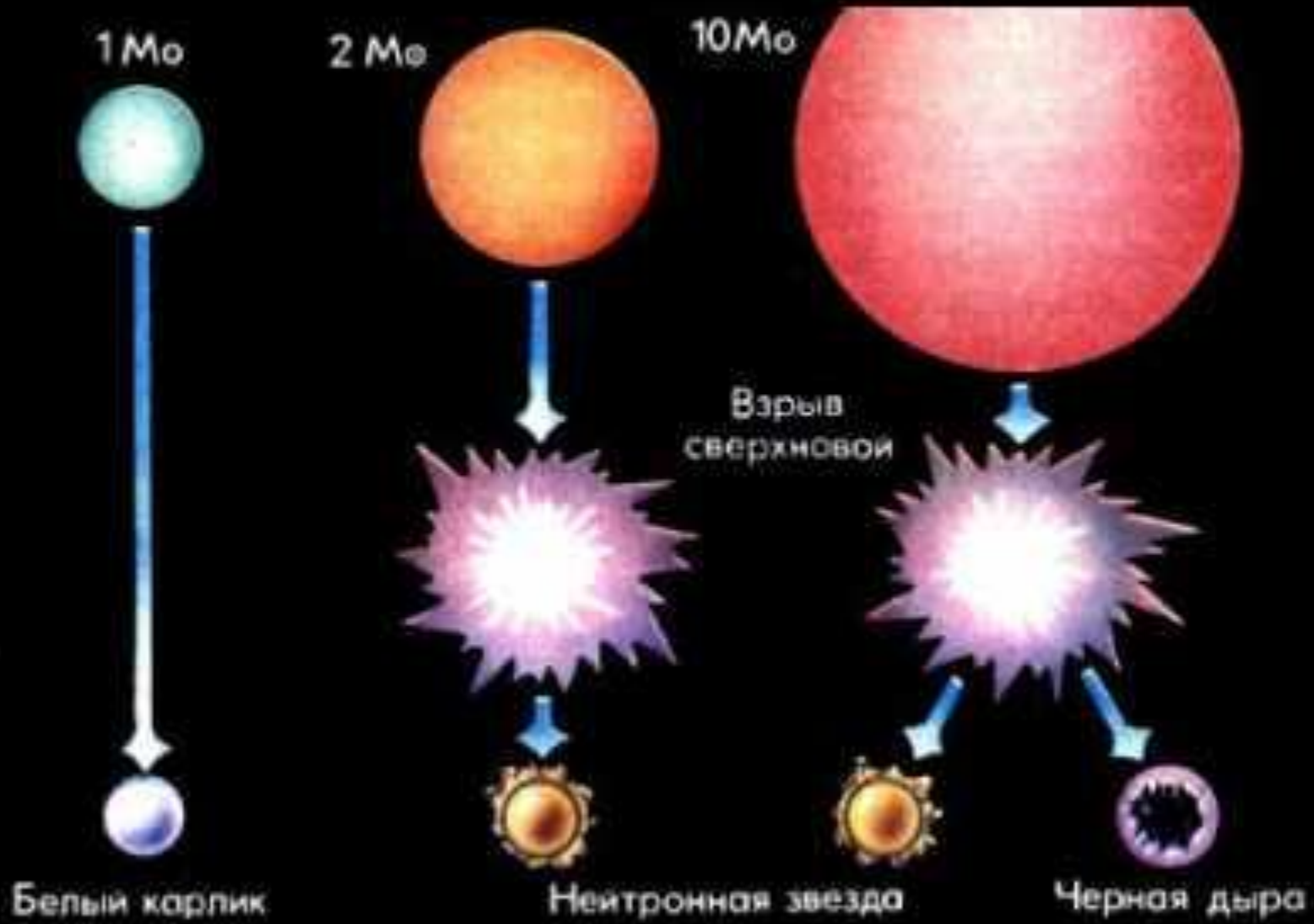
Светимость звезды L — полная энергия, излучаемая звездой по всем направлениям за единицу времени.

Видимая звёздная величина m — мера наблюдаемого блеска небесного объекта, видимого с Земли.

Абсолютная звёздная величина M — видимая звёздная величина, которую бы звезда имела, находясь на стандартном расстоянии 10 пк.

Звезда	m	M	L
61 Лебедя	5.22	7,58	0,076
α Лирь	0.03	0,48	52
α Центавр а	-0.27	4,12	1,9

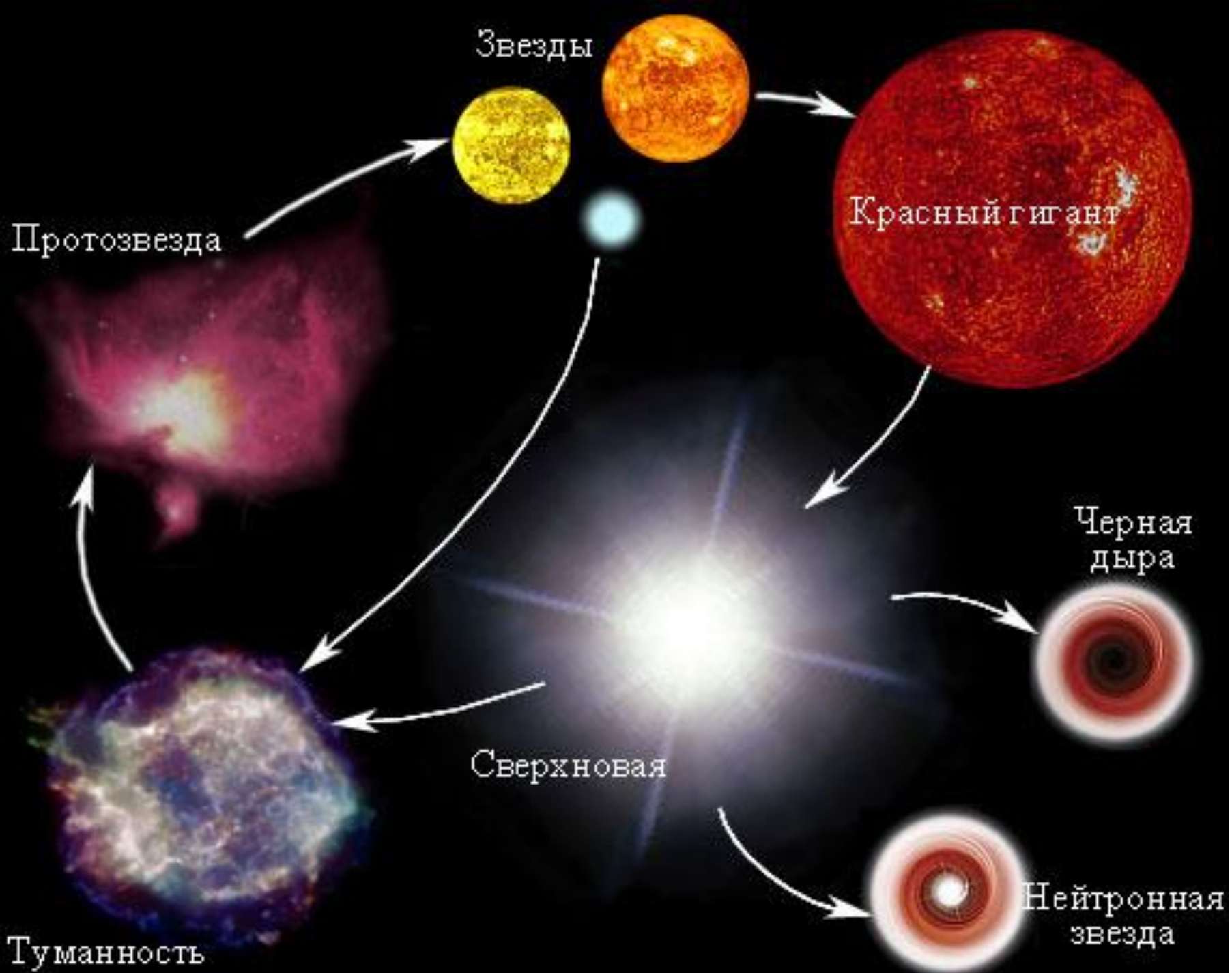
Место	Название	Видимая величина	Расстояние до Солнца
1	Сириус	-1.46	8.6 световых лет
2	Канопус	-0.72	310 световых лет
3	Толиман	-0.27	4.3 световых лет
4	Арктур	-0.05	36.7 световых лет
5	Вега	0.03	25 световых лет
6	Капелла	0.08	42.2 световых лет
7	Ригель	0.12	870 световых лет
8	Процион	0.38	11.4 световых
9	Ахернар	0.46	69 световых лет
10	Бетельгейзе	0.50	530 световых лет



Цикл жизни звезды



Чем массивнее звезда, тем короче её жизненный путь.



Гарвардская спектральная классификация звёзд

<u>класс</u>	<u>эффективная температура К</u>	<u>цвет</u>	
O	26000–35000	голубой	
B	12000–25000	бело - голубой	
A	8000–11000	белый	
F	6200–7900	жёлто - белый	
G	5000–6100	жёлтый	
K	3500–4900	оранжевый	
M	2600–3400	красный	

O—B—A—F—G—K—M



Цвет звёзд зависит от температуры их внешних слоёв. Диапазон температур - от 2 000 до 60 000 °С. Самые холодные звёзды - красные, а самые горячие - голубые. По цвету звезды можно судить, насколько сильно раскалены её

Спектральные классы звезд



Класс O



Класс B



Класс A



Класс F



Класс G



Класс K



Класс M

Астрономы оценивают величину звёзд по шкале, согласно которой, чем ярче звезда, тем меньше её номер. Каждый последующий номер соответствует звезде, в десять раз менее яркой, чем предыдущая.

Спектральные классы звезд

Альдебаран K5



Альфа Центавра A: G2



Процион A: F5



Альтаир A7



Электра: B6



Дзета Кормы: O4



Проксима Центавра: M6



Из-за того, что от звёзд приходит очень мало света, человеческий глаз способен различать цветовые оттенки только у самых ярких из них. В бинокль и тем более в телескоп (они улавливают больше света, чем глаз) цвет звёзд

Основная (гарвардская) спектральная классификация звёзд

Класс	Температура, К	Истинный цвет	Видимый цвет	Основные признаки
O	30 000—60 000	голубой	голубой	Слабые линии нейтрального водорода, гелия, ионизованного гелия, многократно ионизованных Si, C, N, A.
B	10 000—30 000	бело-голубой	бело-голубой и белый	Линии поглощения гелия и водорода. Слабые линии H и K Ca II.
A	7500—10 000	белый	белый	Сильная бальмеровская серия, линии H и K Ca II усиливаются к классу F. Также ближе к классу F начинают появляться линии металлов
F	6000—7500	жёлто-белый	белый	Сильны Линии H и K Ca II, линии металлов. Линии водорода начинают ослабевать. Появляется линия Ca I. Появляется и усиливается полоса G, образованная линиями Fe, Ca и Ti.
G	5000—6000	жёлтый	жёлтый	Линии H и K Ca II интенсивны. Линия Ca I и многочисленные линии металлов. Линии водорода продолжают слабесть, Появляются полосы молекул CN и C _N .
K	3500—5000	оранжевый	желтовато-оранжевый	Линии металлов и полоса G интенсивны. Линии водорода почти не заметно. Появляются полосы поглощения TiO.
M	2000—3500	красный	оранжево-красный	Интенсивны полосы TiO и других молекул. Полоса G слабеет. Все еще заметны линии металлов.

Класс	O	B	A	F	G	K	M
Температура (Кельвин)	60 000 — 30 000	30 000— 10 000	10 00— 7 500	7 500— 6 500	6000— 5000	5 000— 3 500	3 500— 2 000
Цвет	Голубой	Белый, голубой	Белый	Белый, желтый	Желтый	Желтый, оранжевый	Оранжевый, красный
Солнечных масс	60	18	3,1	1,7	1,1	0,8	0,3
Солнечных радиусов	15	7	2,1	1,3	1,1	0,9	0,4
Солнечных светимостей	1 400 000	20 000	80	6	1,2	0,4	0,04
Линии водорода	Слабые	Средние	Сильные	Средние	Слабые	Очень слабые	Очень слабые

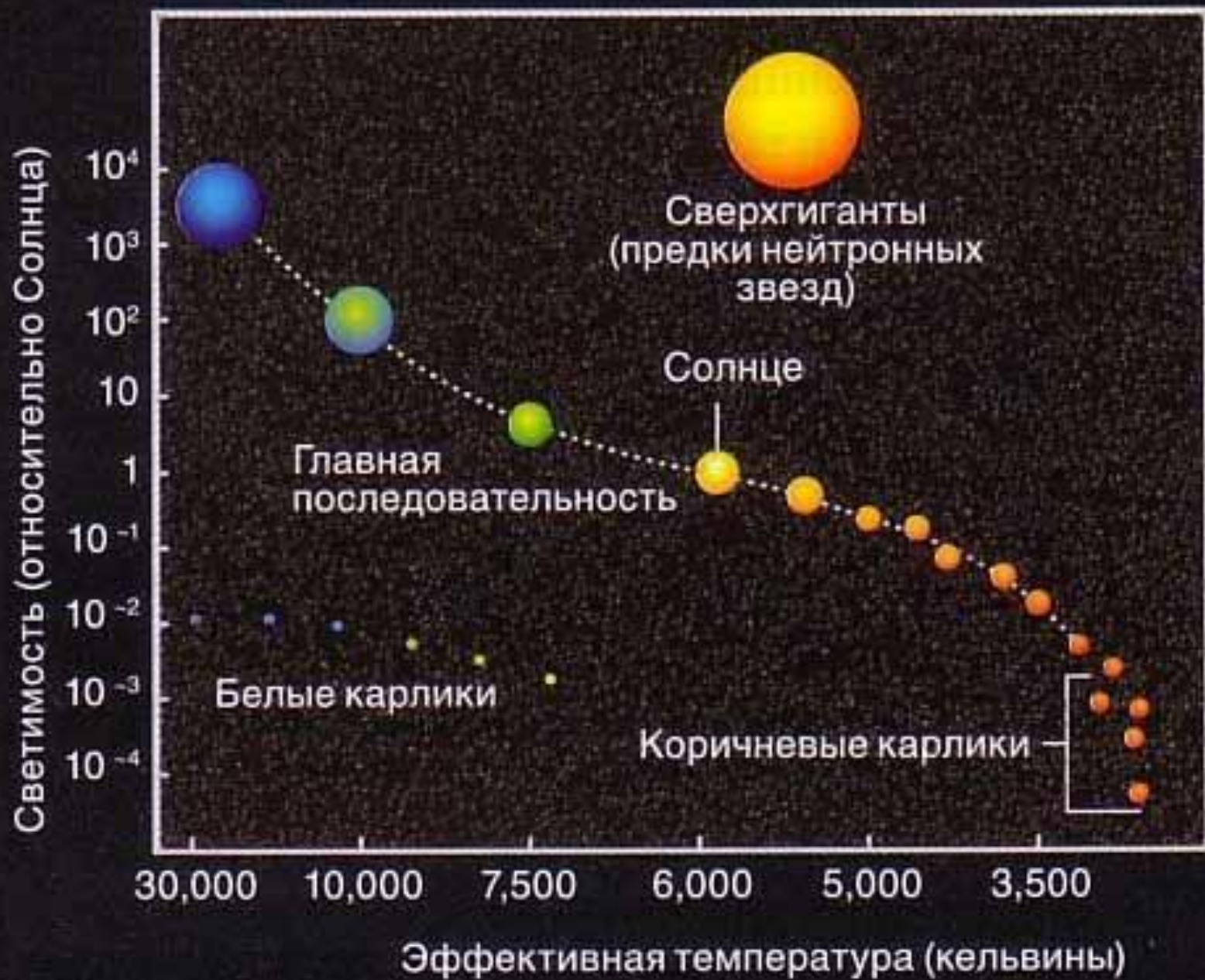
Учёные Эйнарам Герцшпрунг и Генри Рассел в 1910 году создали диаграмму для классификации звёзд, соответствующую современным представлениям о звёздной эволюции. Она показывает зависимость между абсолютной звёздной величиной, светимостью, спектральным классом и температурой поверхности звезды.



Эйнара Герцшпрунга



Генри Рассел



Светимость, св. Солнца

10⁶
10⁴
10²
10⁰
10⁻²
10⁻⁴

Главная последовательность

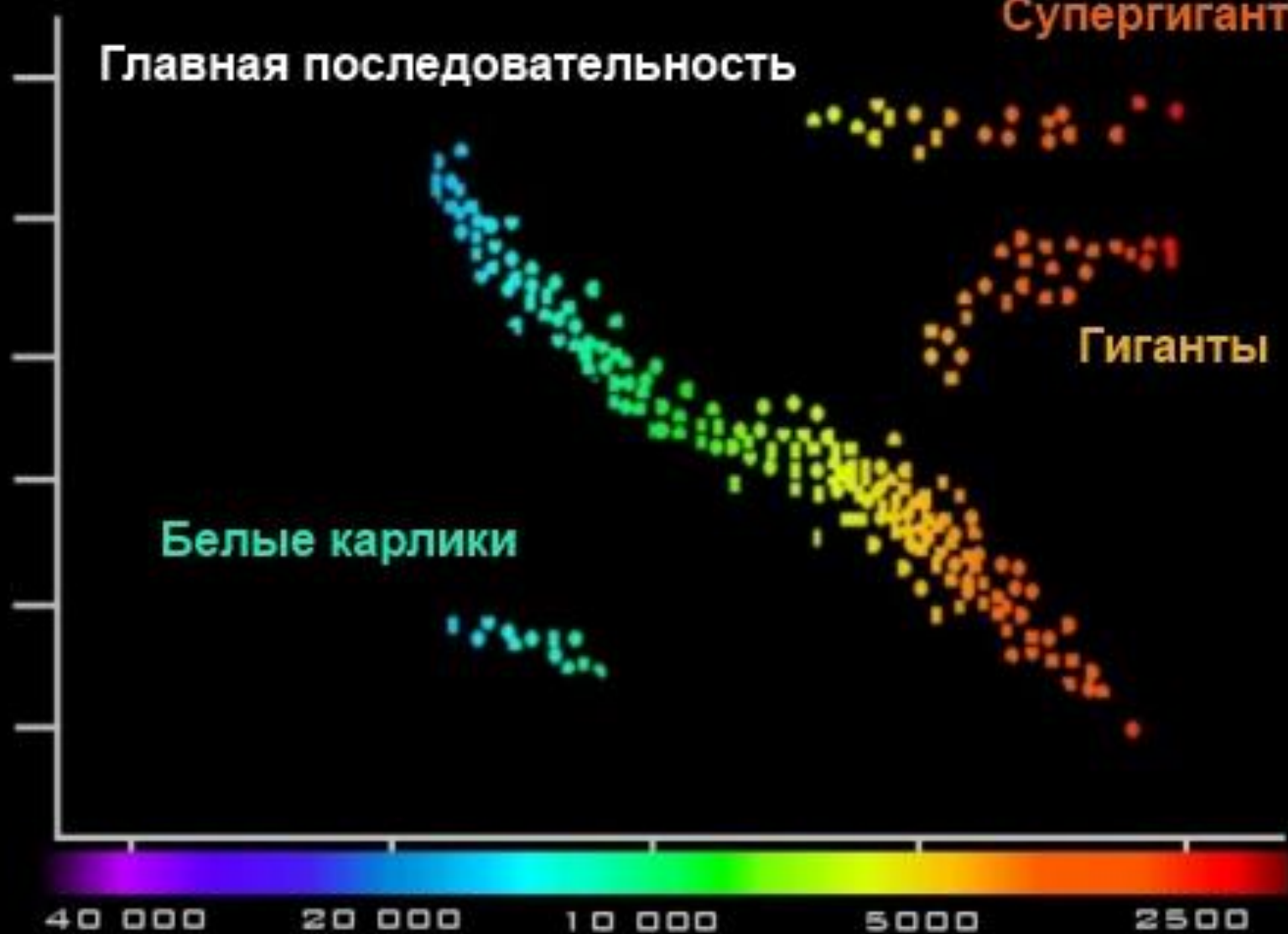
Супергиганты

Гиганты

Белые карлики

40 000 20 000 10 000 5000 2500

Температура, К



Главная последовательность – это период существования звезд Вселенной, во время которого внутри её проходит термоядерная реакция, являющийся самым длинным отрезком жизни звезды. Наше Солнце сейчас находится именно в этом периоде. В это время звезда претерпевает незначительные колебания в яркости и температуре. Продолжительность такого периода зависит от массы звезды. У крупный массивных звёзд он короче, а у мелких длиннее. Очень большим звёздам внутреннего топлива хватает на несколько сотен тысяч лет, в то время, как малые звёзды, как Солнце, будут сиять миллиарды лет.

Через **3 – 4** млрд. лет эволюции наше Солнце покинет главную последовательность, где оно находилось в состоянии относительной стабильности и переместится в нестабильную область красных гигантов .

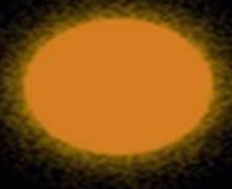
Пробыв в этой части диаграммы **1-1,5** млрд. лет, красный гигант – Солнце сбросит свои оболочки и резко за какие-нибудь несколько тысячелетий переместится в нижний левый край диаграммы в область, где тихо и стабильно существуют белые карлики.



белый карлик



красный гигант



солнце



молодая звезда

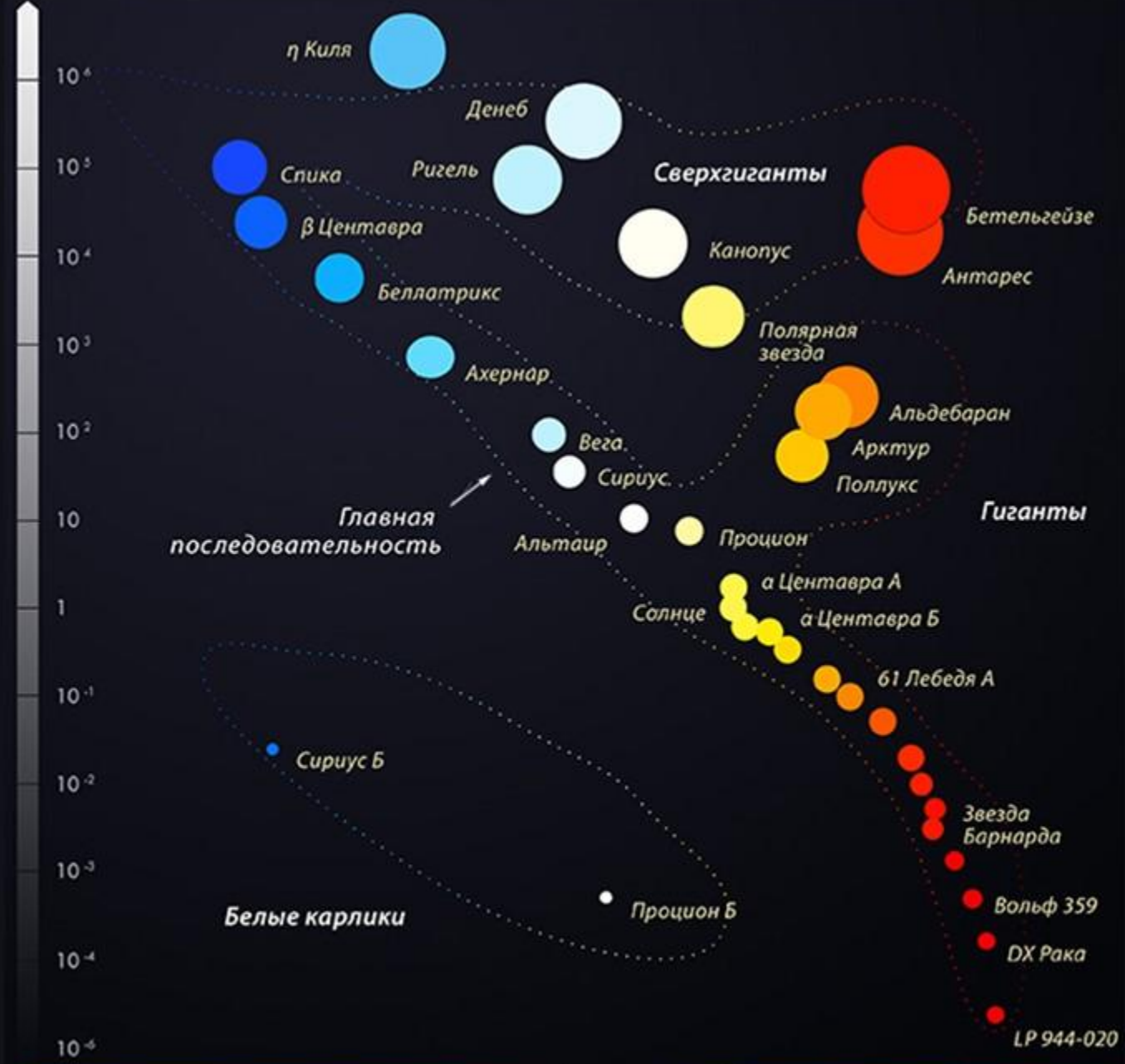


протозвезда



молекулярное облако (звездная колыбель)

Светимость (в единицах солнечной)



Температура

Физическая природа звёзд

Звёзды различны по

массе

температуре
(цвету)

размерам

возрасту

строению

светимости

Основными характеристиками звезды являются мощность её излучения, масса, радиус, температура и химический состав атмосферы. Зная данные параметры, можно рассчитать возраст звезды. Эти параметры изменяются в очень широких пределах. Кроме того они взаимосвязаны. Звезды самой высокой светимости обладают наибольшей массой, и наоборот.

L – светимость пропорциональна массе звезды.

L – пропорциональна температуре в 4 степени.

Светимость

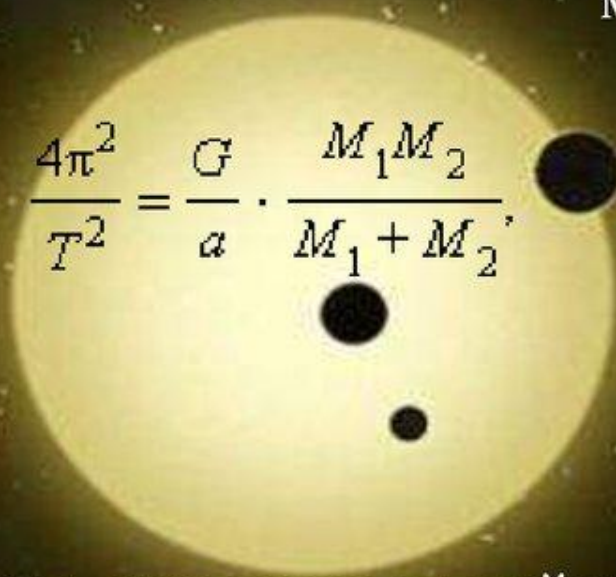
Когда были измерены расстояния до ярких звезд, стало очевидным, что многие из них по светимости значительно превосходят Солнце. Если светимость Солнца принять за единицу, то, к примеру, мощность излучения 4х ярчайших звезд неба, выраженная в светимостях Солнца, составит:

Сириус	22L
Канопус	4700L
Арктур	107L
Вега	50L

Массы звезд

Масса звезды – едва ли не самая важная ее характеристика. Масса определяет весь жизненный путь звезды.

Третий закон Кеплера.
здесь M_1 и M_2 – массы компонент системы, G – гравитационная постоянная


$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{G}{a} \cdot \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$$

Массу можно оценить для звезд, входящих в двойные звездные системы, если известны большая полуось орбиты a и период обращения T . В этом случае массы определяются из третьего закона Кеплера.

Антарес



Бетельгейзе



Бетельгейзе



- Яркость звезды - в 14 000 раз больше солнечной. Она входит в десятку самых крупных известных астрономам звезд
- Объем Бетельгейзе по крайней мере в 160 миллионов раз больше солнечного
- Радиус равен 800 радиусам нашей планеты. Если бы ее поместить на место Солнца, то Бетельгейзе достигла бы орбиты Юпитера.
- Масса Бетельгейзе равна 17 Солнцам



Бетельгейзе в сравнении с некоторыми наиболее известными звездами



Звезда
красный
карлик

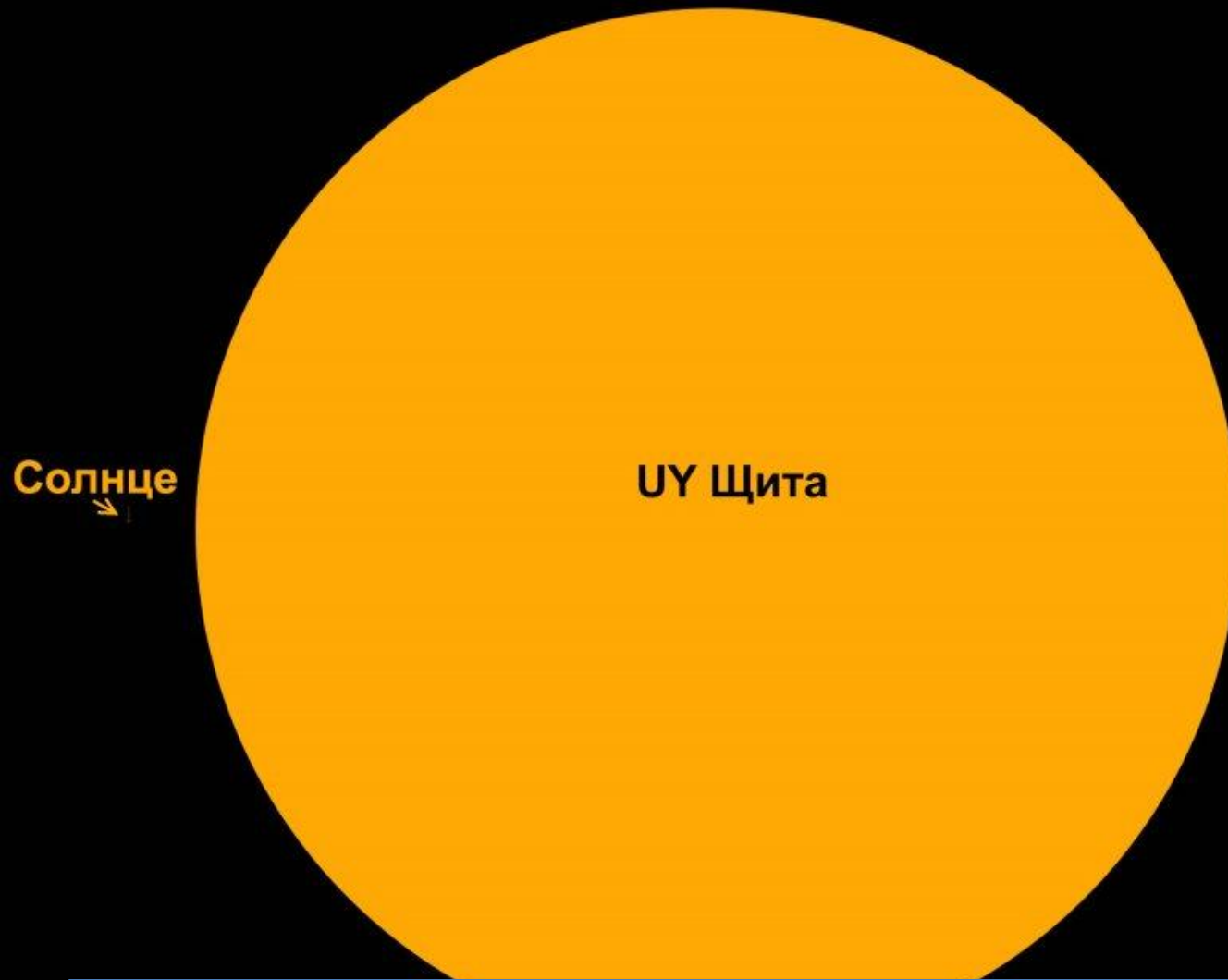


Звезда
белый
карлик



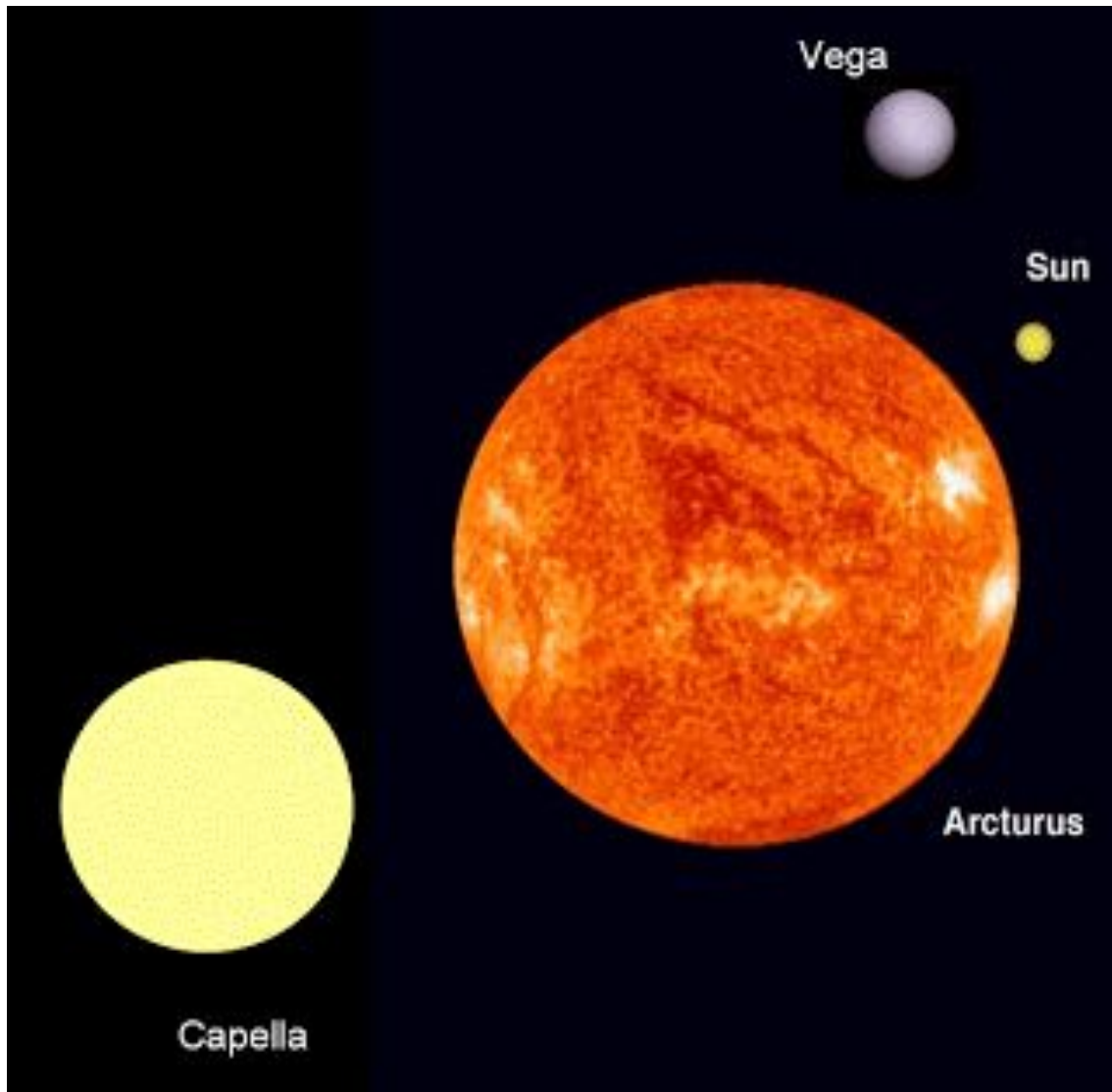
Солнце

Сравнение размеров Солнца и звезды UY Щита



самой большой звезды Вселенной.

Самые яркие звёзды вечернего осеннего неба до полуночи.

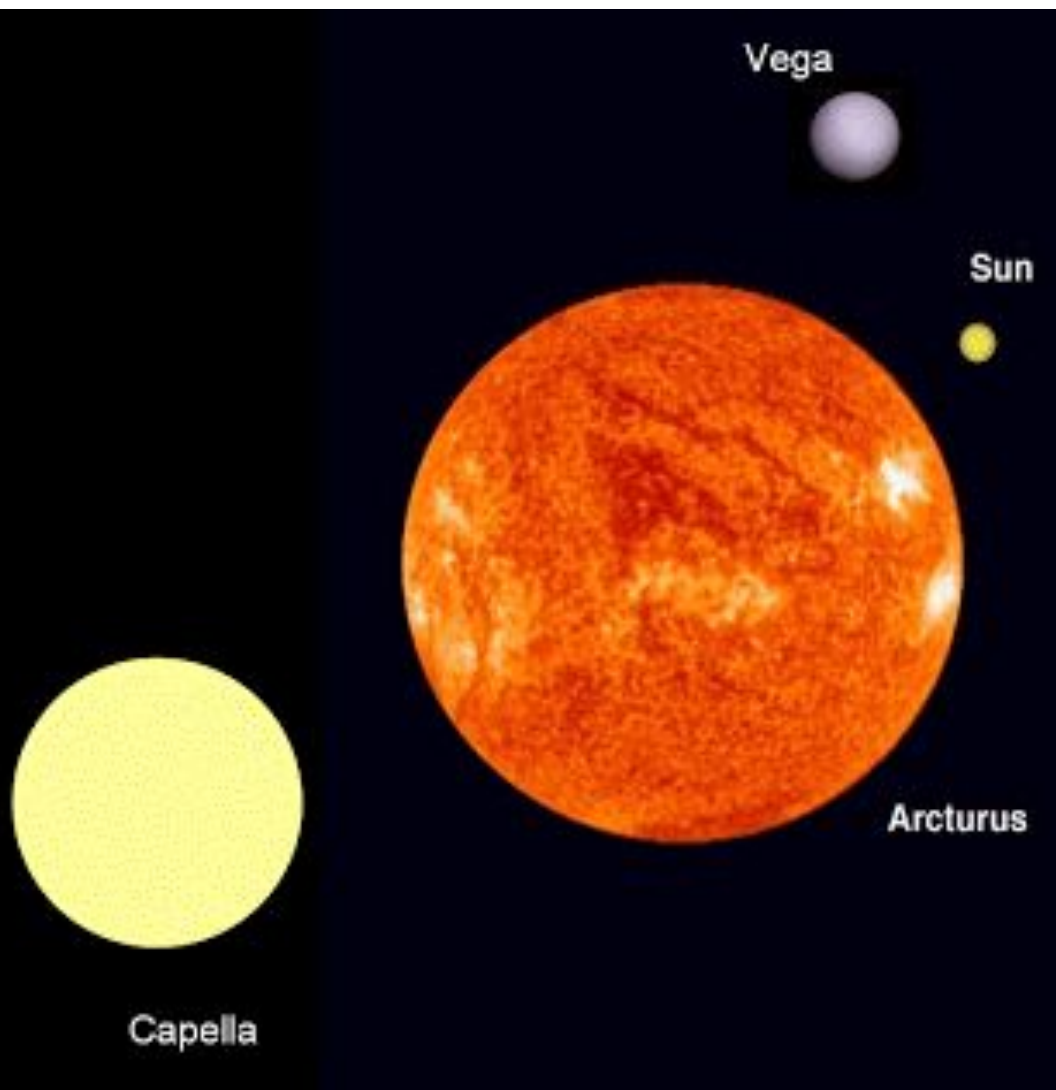


Оранжевый [Арктур](#)
[р](#) из созвездия
Волопас

Белая [Вега](#) из
созвездия Лира

Жёлтая [Капелла](#) из
созвездия
Возничий

Такую красоту мы бы наблюдали на вечернем и ночном небе, если бы все эти звёзды находились на таком же расстоянии, как Солнце.

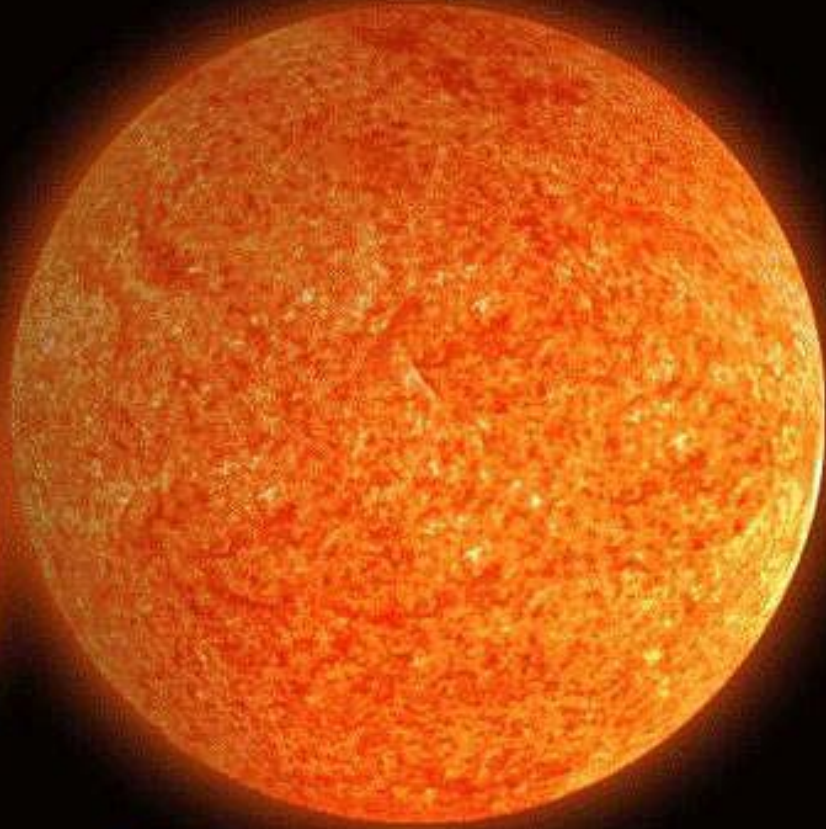


Арктур 36св.
лет 30R Солнца

Вега 25св.
лет 2,4R Солнца

Капелла 41св.
год 12R Солнца

Антарес



Бетельгейзе



Солнце

Поллукс

Сириус

Арктур

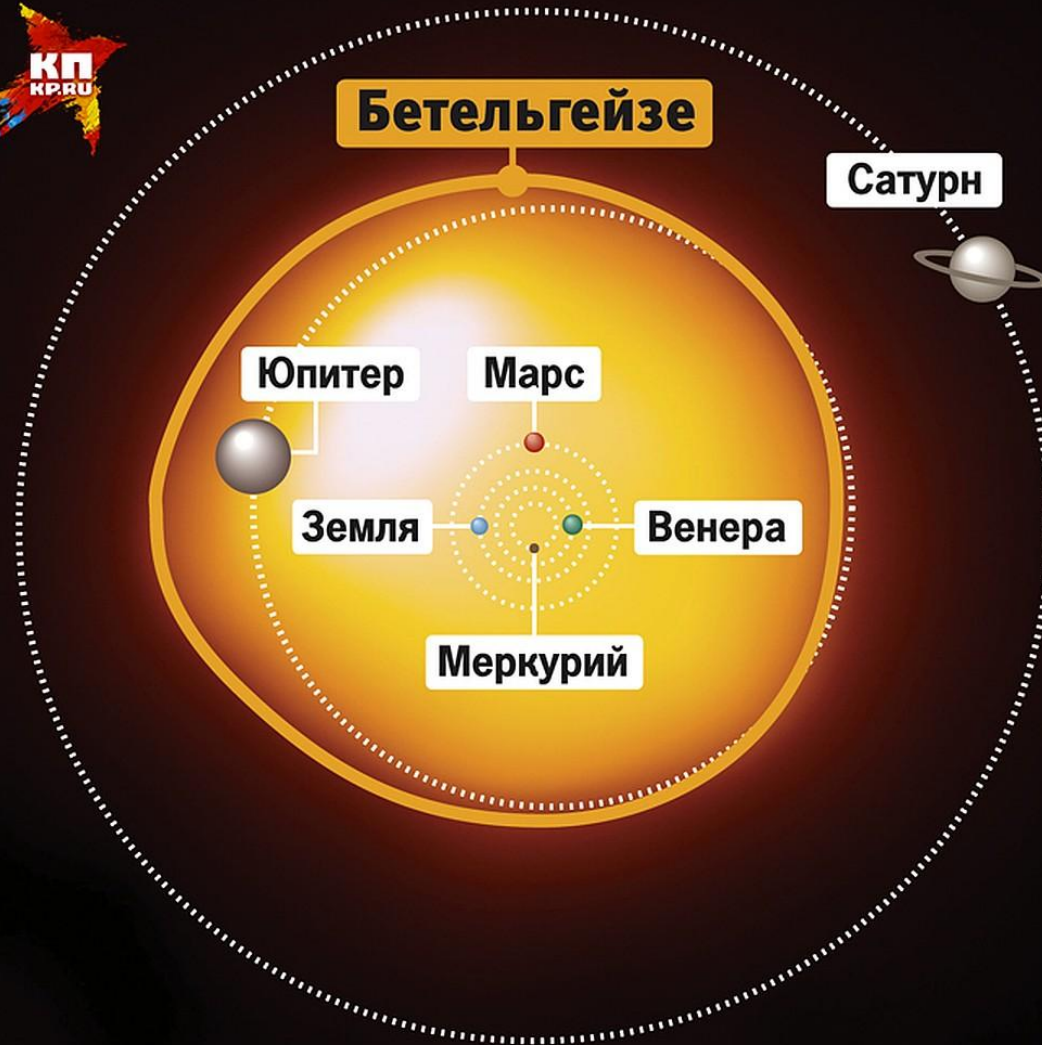


Ригель



Альдебаран

Если поместить звезду Бетельгейзе в центр Солнечной системы, то ее край накроет Юпитер.



Алексей СТЕФАНОВ

..... Орбиты планет — Контур гигантской звезды

Красный гигант в 1400 раз больше Солнца.
Расстояние до Солнца - от 495 до 650 световых лет.

Betelgeuse

Orion

Rigel

Sirius

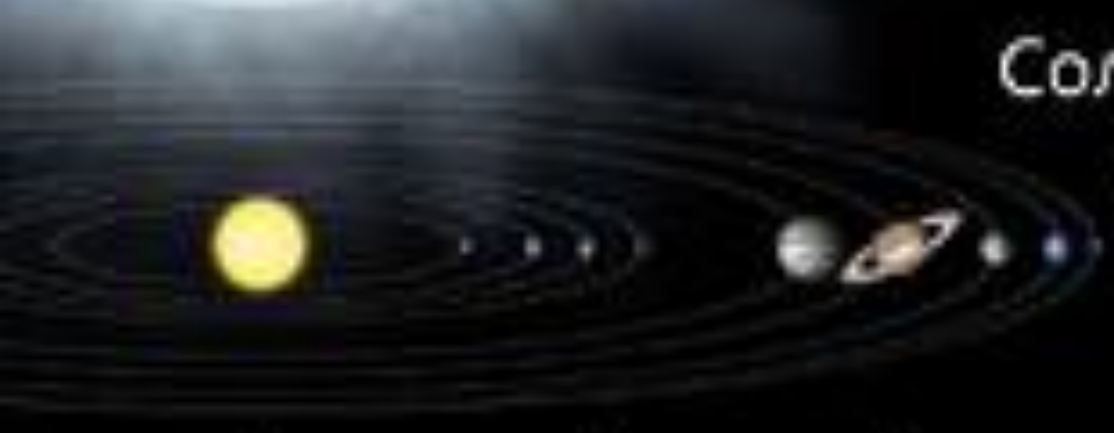




Пылевое кольцо вокруг звезды-гипергиганта



Солнечная система



Масштабы Солнца и
планет не соблюдены



Проксима Центавра



Земля

Нейтронная звезда



Белый карлик Щенок
(Сириус В)



Классификация по размеру



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

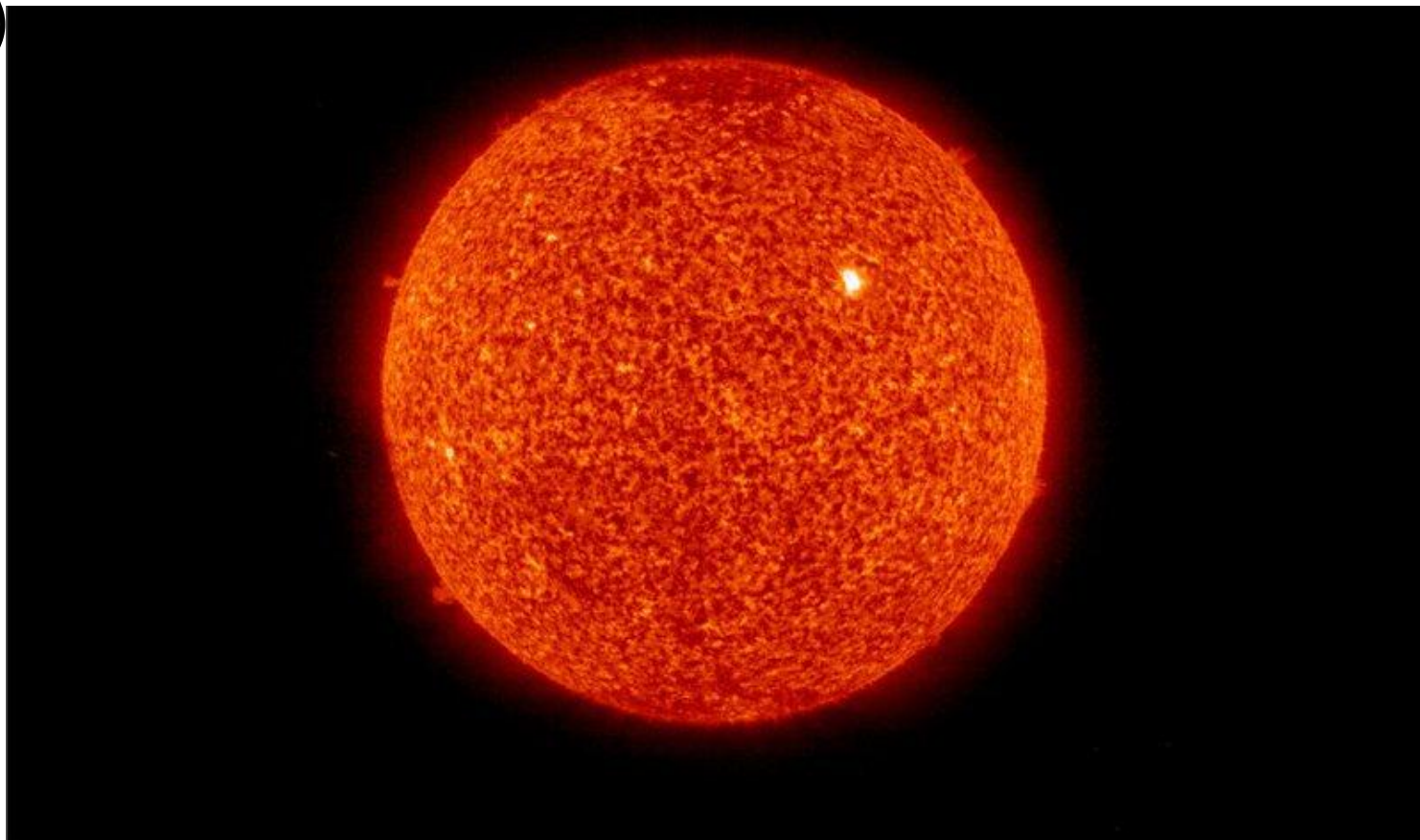


Звезды карлики являются противоположностью гигантов и включают в себя несколько различных подвидов:

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.



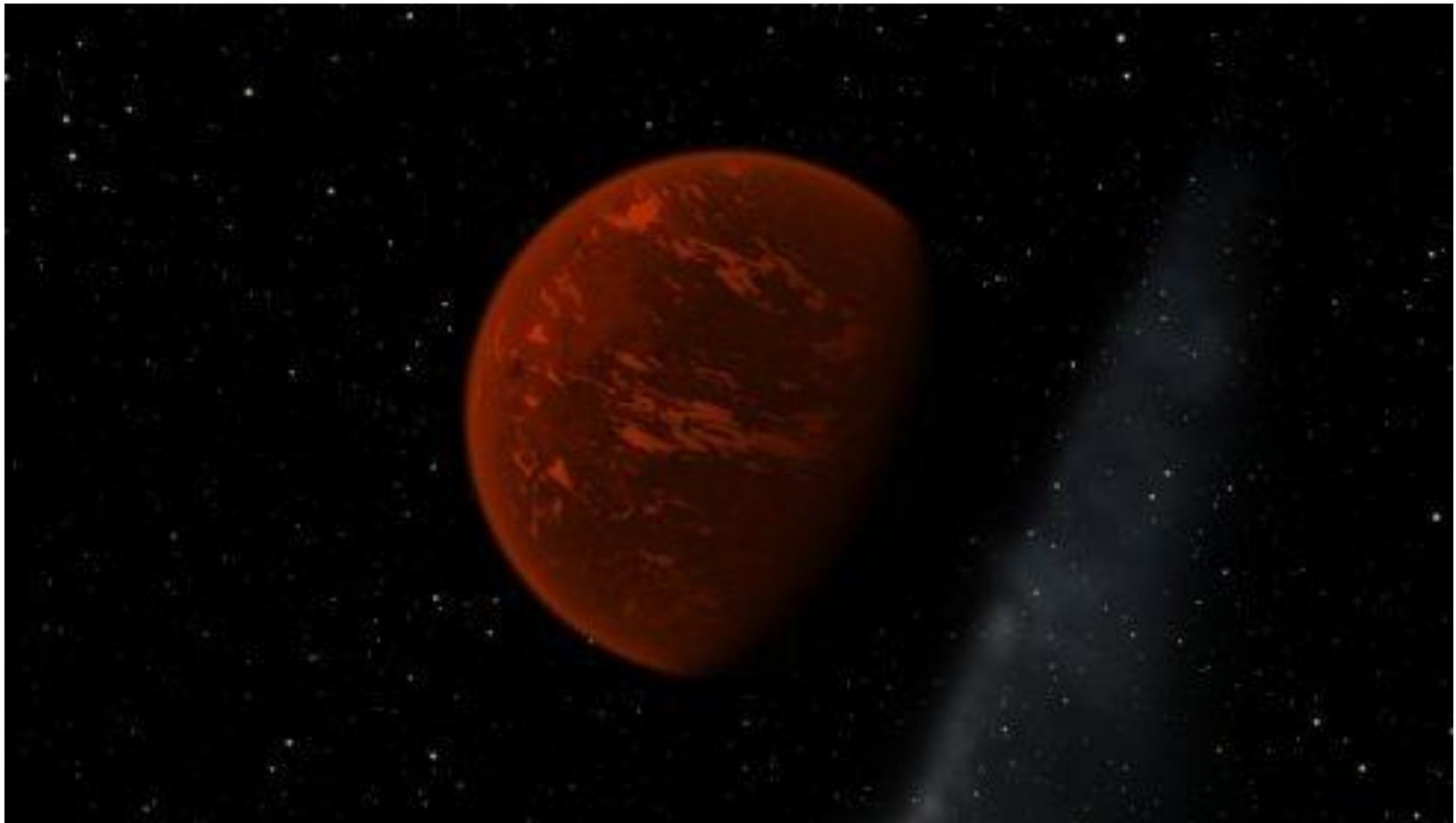
Красный карлик — маленькая и относительно холодная звезда главной последовательности, имеющая спектральный класс М или верхний К. Они довольно сильно отличаются от других звезд. Диаметр и масса красных карликов не превышает трети солнечной (нижний предел массы — 0,08 солнечной, за этим идут коричневые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

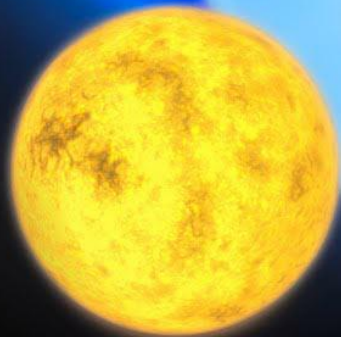


Черный карлик - остывшие и вследствие этого не излучающие в видимом диапазоне белые карлики. Представляет собой конечную стадию эволюции белых карликов. Массы черных карликов, подобно массам белых карликов, ограничиваются сверху 1,4 массами Солнца.

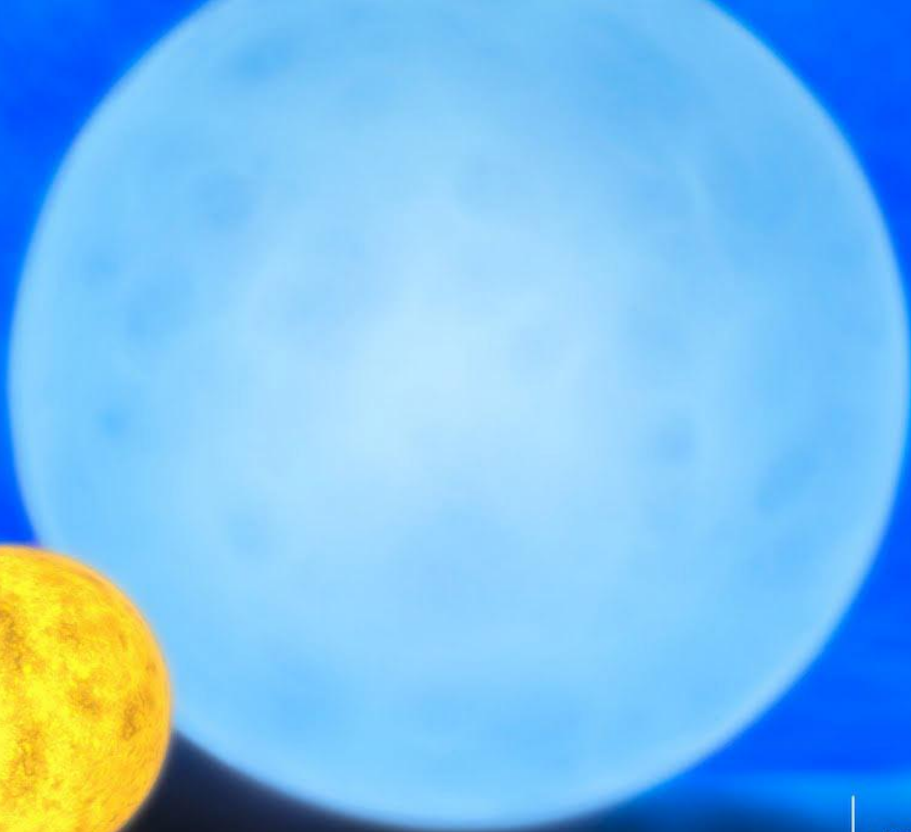




Красный карлик



Желтый карлик (Солнце)

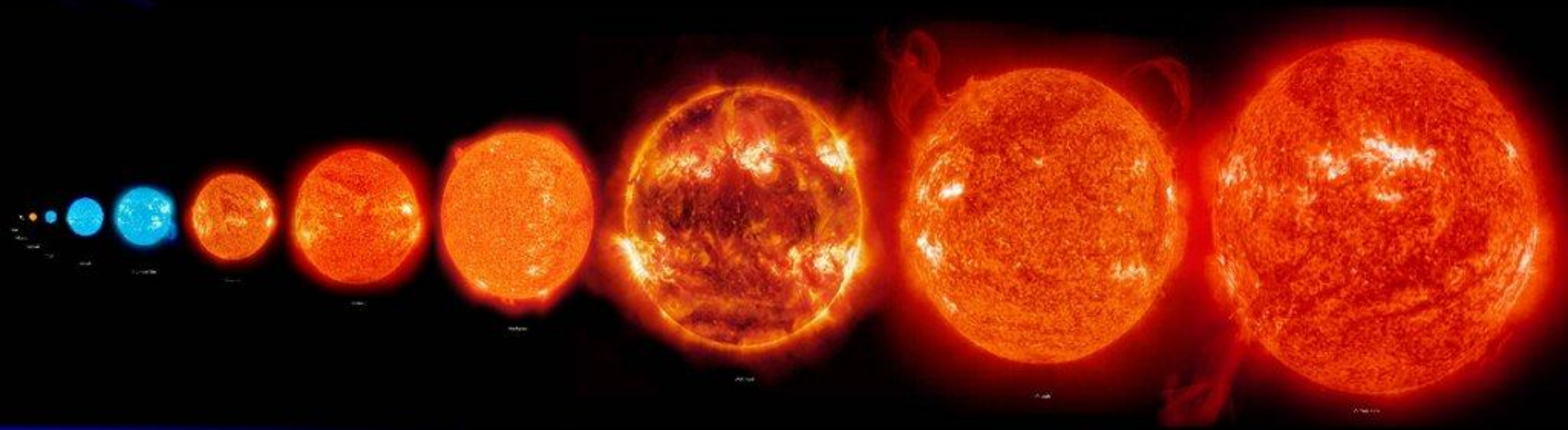


Голубой гигант

Звезда RMC136a1

Сверхгиганты

- **Сверхгиганты** — одни из самых массивных звёзд. Массы сверхгигантов варьируются от 10 до 70 масс Солнца, светимости — от 30 000 вплоть до сотен тысяч солнечных. Радиусы могут сильно отличаться — от 30 до 500, а иногда и превышают 1000 солнечных.



Средние плотности звезд изменяются в интервале от 10^{-6} г/см³ до 10^{14} г/см³ - в 10^{20} раз!

Температура видимой поверхности звезд составляет от 3000 К до 100000 К. Недавно открытая звезда HD 93129A в созвездии Кормы имеет температуру поверхности 220000 К! Самые холодные - Гранатовая звезда (α Цефея) и Мира (α Кита) имеют температуру 2300К, Возничего A - 1600 К.

Расстояния в астрономии

- **1 астрономическая единица**
= 150 млн км = 8,3 световых минуты
— расстояние от Земли до Солнца
- **1 световой год**
= 10 000 млрд км
— расстояние, которое свет проходит за год
- **1 парсек** = 3 световых года

*Ближайшая к Солнцу звезда – Проксима
Центавра – на расстоянии 4,3 св. года*

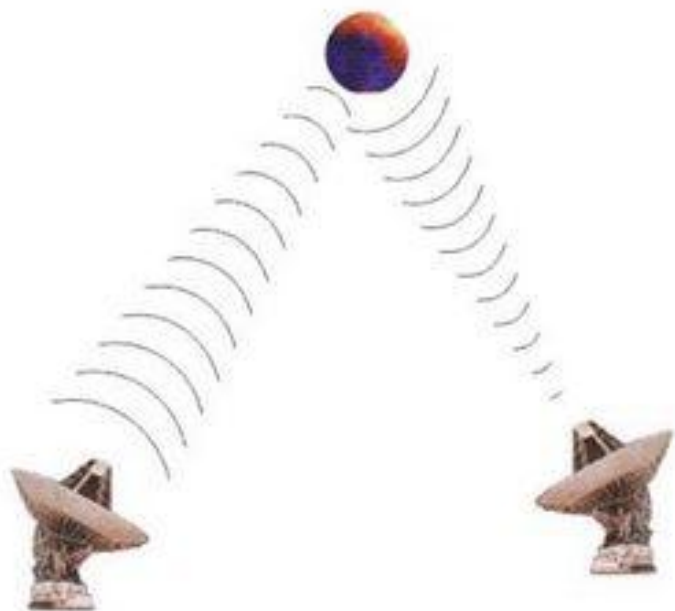
1 пк = 3,26 св. лет;

1 пк = 206 265 а. е.;

1 пк = $3,086 \cdot 10^{13}$ км.

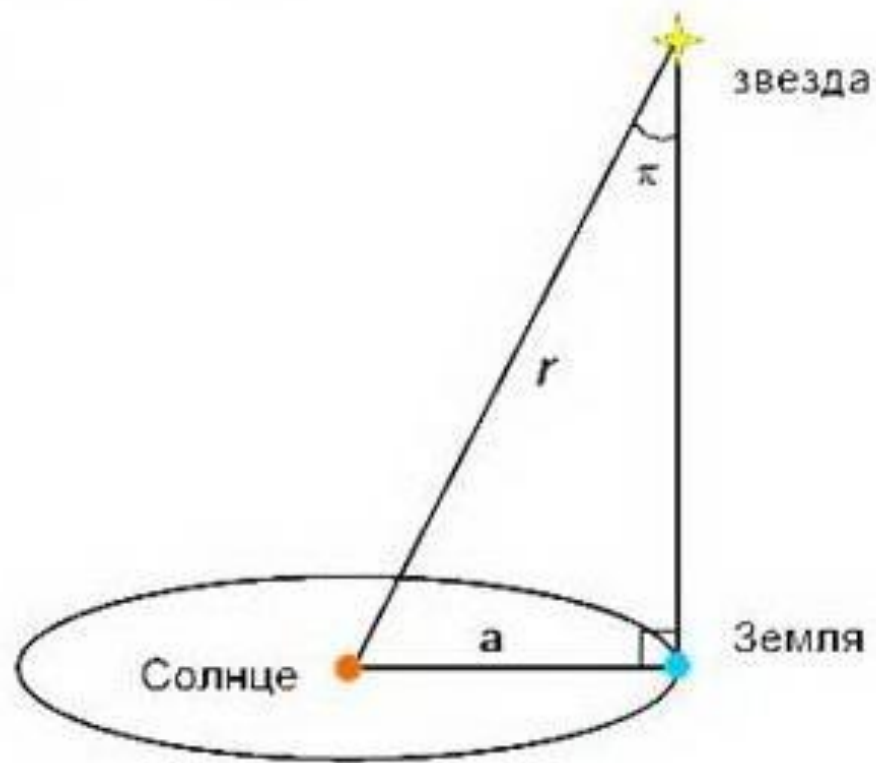
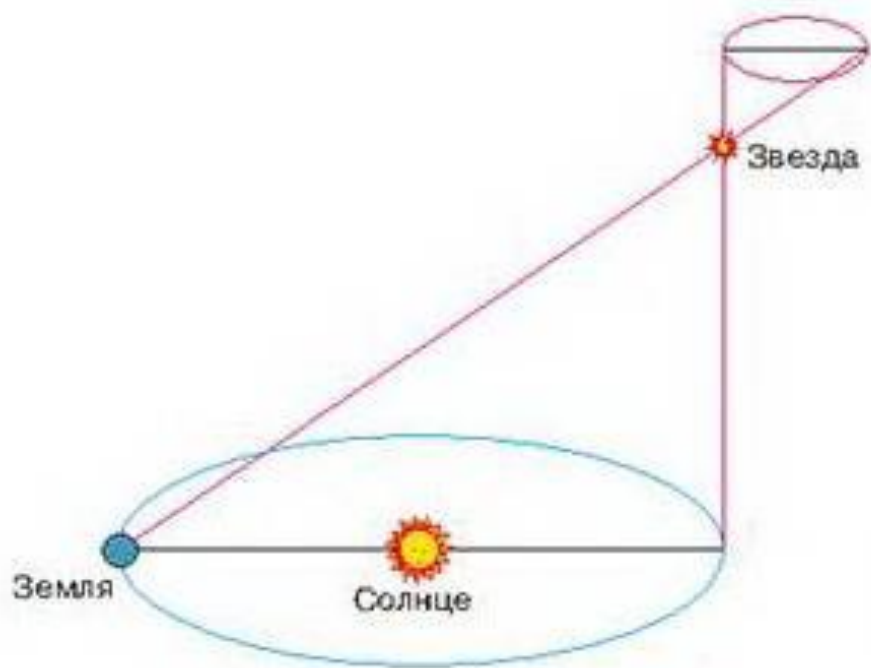
Как измеряют расстояния до звезд

Радиолокация —
до Солнца, близких планет

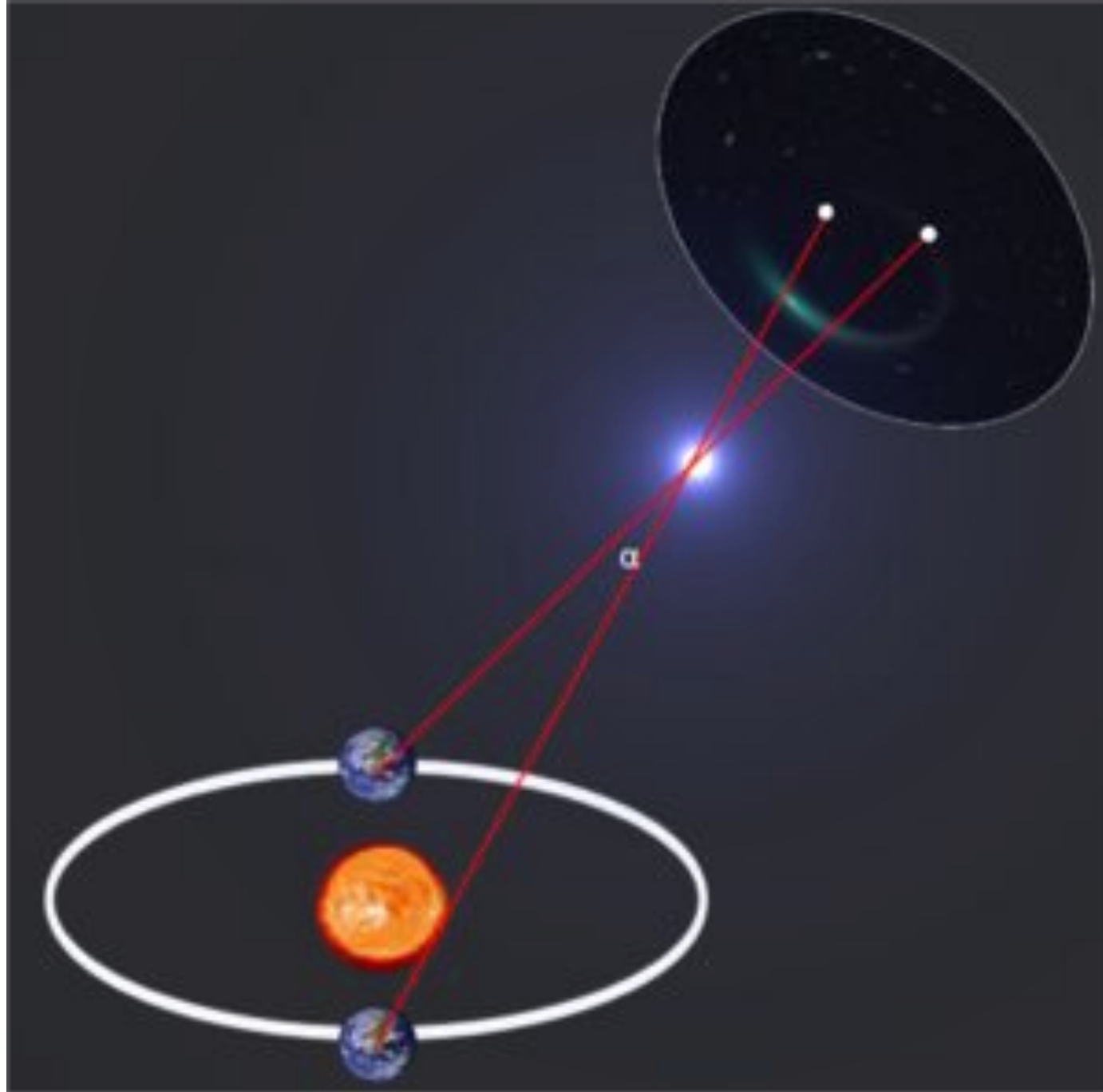


Параллакс —
до близких звезд
(максимум – 1000 парсеков)





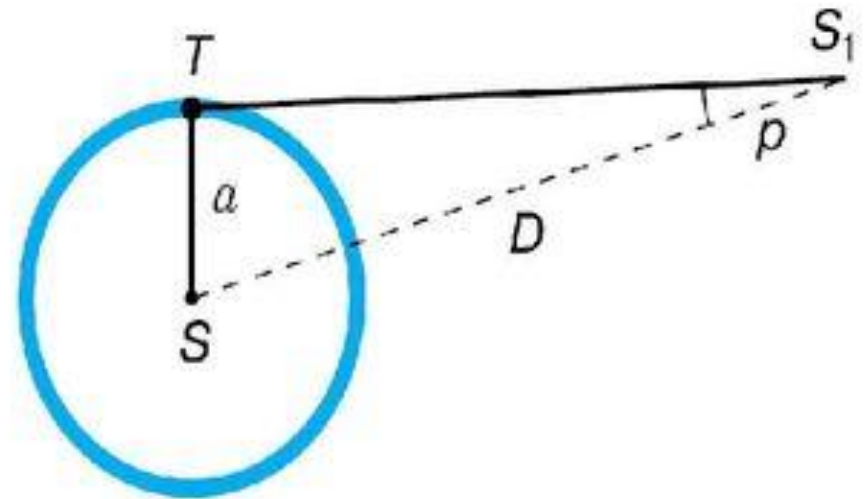
$$r = \frac{a}{\sin \pi}$$



Годичный параллакс

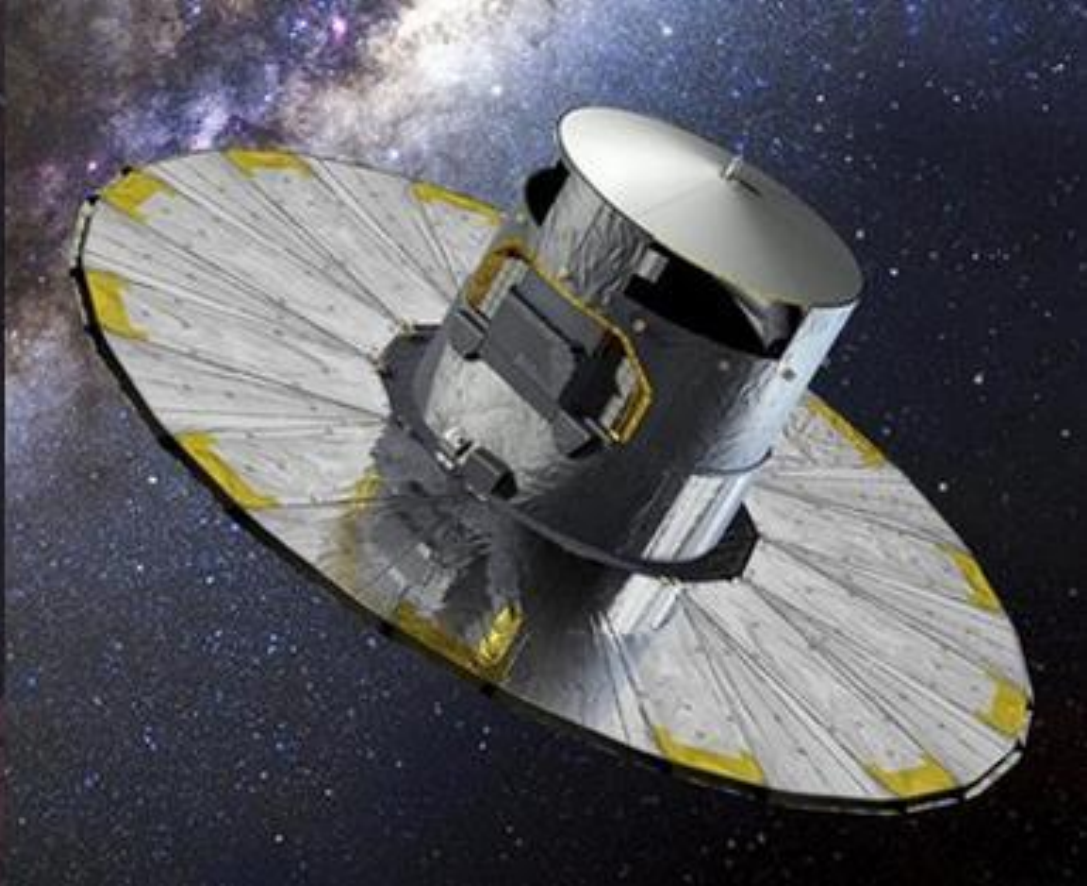
Годичным параллаксом звезды p называют угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а. е.), перпендикулярную направлению на звезду.

$$D = \frac{206\,265''}{p}.$$



$$D = \frac{a}{\sin p},$$

$$d = \frac{206265'' \cdot a}{\pi''}$$



КА «Гиппарх» (слева), названный в честь знаменитого древнегреческого астронома, был способен вычислять параллаксы звезд с погрешностью в 0,001 секунду. Запущенная в 2013 году станция «Гайя» (справа) занимается вычислением параллаксов звезд нашей Галактики с точностью в миллионные доли секунды.

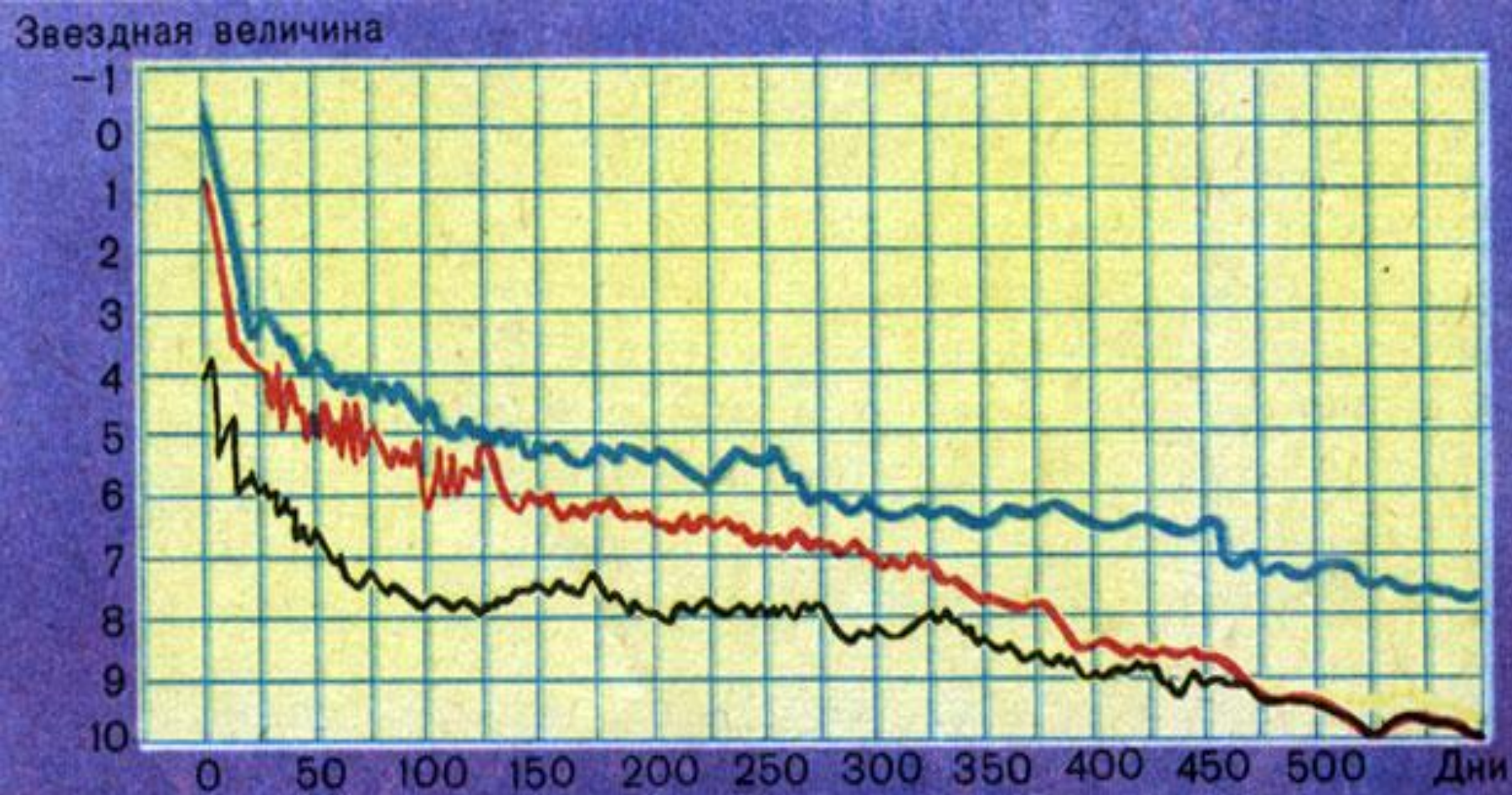
Нам повезло – мы живем в относительно спокойной области Вселенной. Возможно, именно благодаря этому жизнь на Земле возникла и существует в продолжение такого огромного (по человечески меркам) промежутка времени. Но с точки зрения исследования звезд этот факт вызывает чувство досады. На многие парсеки вокруг – только неяркие и невыразительные светила, подобные нашему Солнцу. А все редко встречающиеся типы звезд находятся очень далеко. Видимо, поэтому разнообразие мира звезд так долго оставалось скрытым от человеческого глаза.

Новая звезда. Звезды, светимость которых внезапно увеличивается в 10000 раз. Новая звезда представляет собой двойную систему, состоящую из белого карлика и звезды-компаньона, находящейся на главной последовательности. В таких системах газ со звезды постепенно перетекает на белый карлик и периодически там взрывается, вызывая резкий скачок светимости.



Название "новые звезды" сохранилось с древних времен за звездами, которые считались действительно новыми. Накопленные коллекции фотографий показали, что на самом деле так называемая новая звезда в действительности существовала и раньше, но внезапно вспыхнула, вследствие чего ее яркость за короткое время увеличилась в десятки тысяч раз. После вспышки звезда постепенно возвращается к прежнему состоянию.

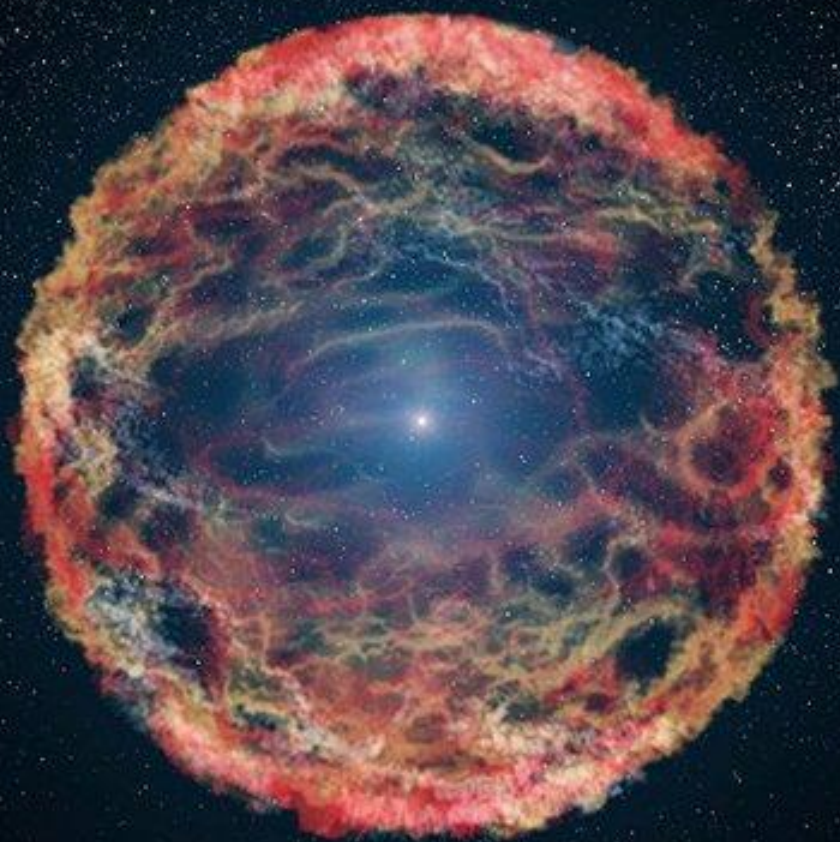
Вспышка новой звезды происходит обычно за несколько дней - катастрофически, а возврат к прежней светимости длится годами и сопровождается колебаниями яркости.



Кривые изменения видимой яркости трех новых звезд.

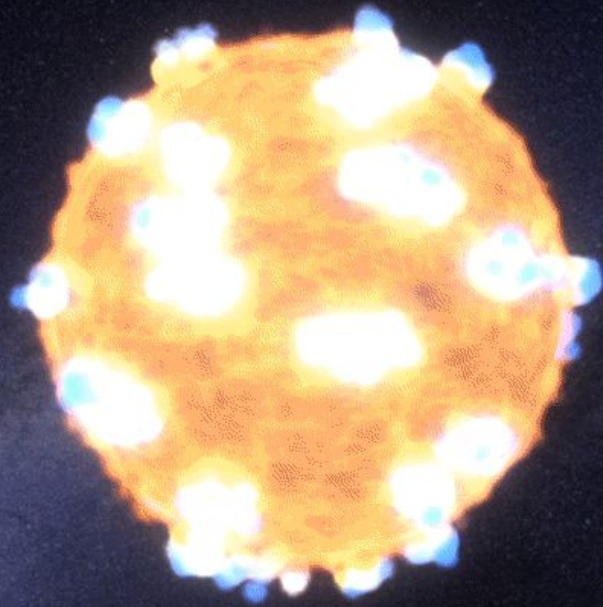
Сверхновые звезды



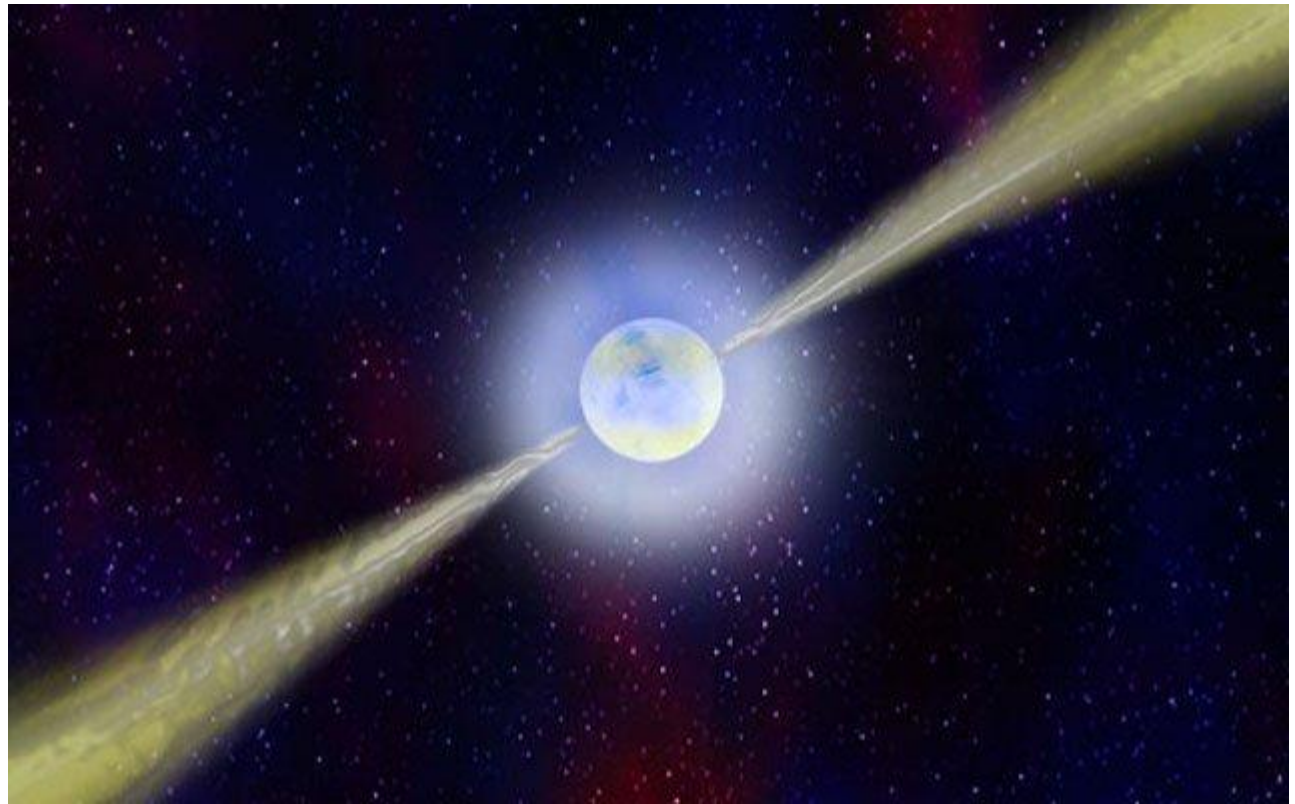


Некоторые особые звезды, невидимые ранее, неожиданно вспыхивают и угасают подобно новым звездам. Однако в максимуме светимости они бывают в тысячи раз ярче, чем новые звезды. Их называют сверхновыми звездами. Скорость выброса газов из них тоже во много раз больше, чем у обычных новых звезд.

Вследствие колоссальной светимости; в максимуме превосходящей в десятки тысяч раз светимость ярчайших из обычных звезд, мы видим сверхновые звезды на громадных расстояниях от нас, в других звездных системах .



Нейтронная звезда. Звездные образования с массами порядка 1,5 солнечных и размерами, заметно меньшими белых карликов, порядка 10-20 км в диаметре. Плотность таких звезды может достигать 1000 000 000 000 плотностей воды. А магнитное поле во столько же раз больше магнитного поля земли. Такие звезды состоят в основном из нейтронов, плотно сжатых гравитационными силами.



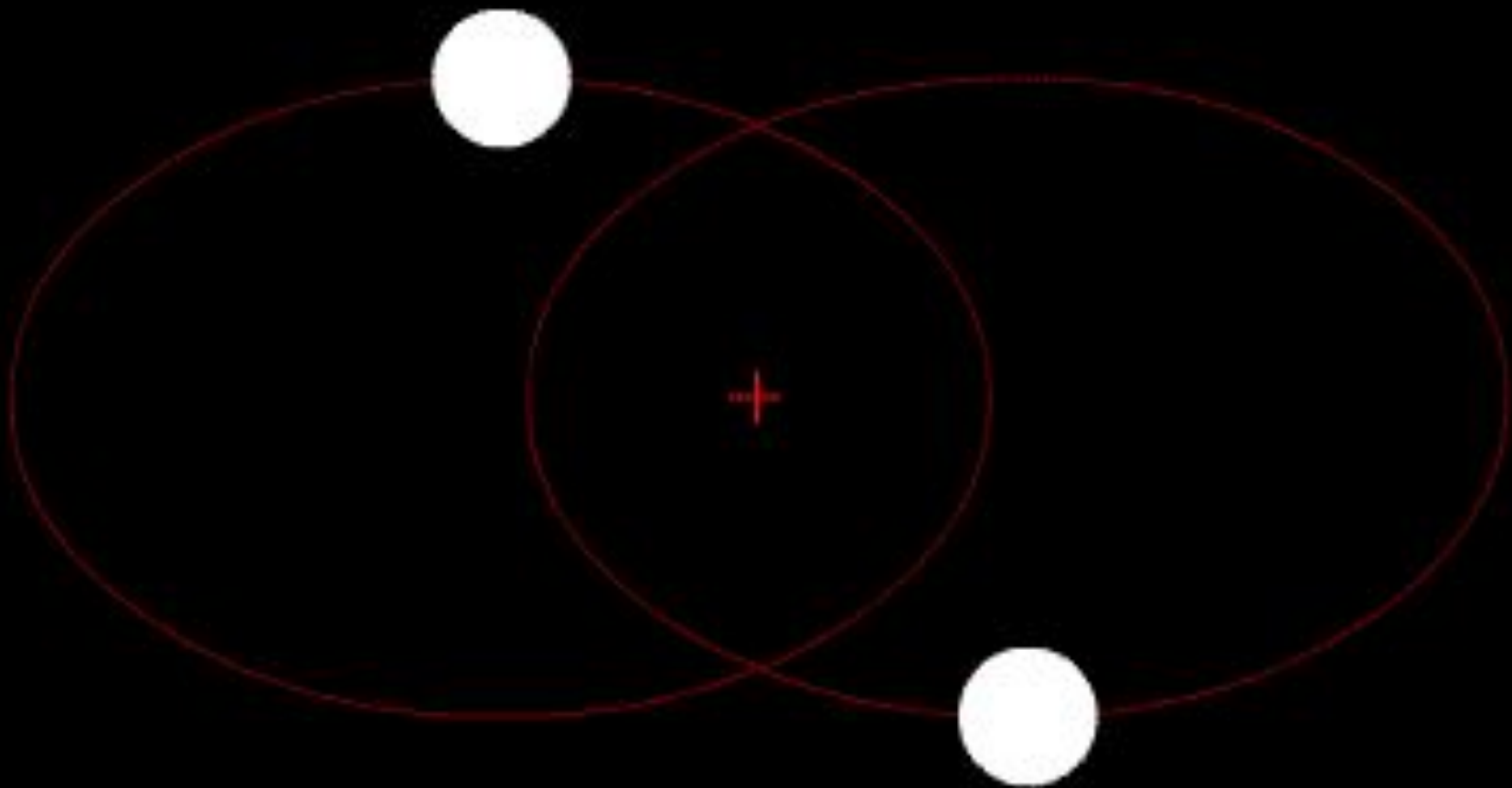
Цефеида – это звезда с переменной светимостью, цикл пульсации которой колеблется от нескольких секунд до нескольких лет, в зависимости от разновидности переменной звезды. Цефеиды обычно изменяют свою светимость в начале жизни и в её завершении.



С изменением температуры несколько меняется и спектральный класс цефеиды. Причина этого состоит в том, что *цефеиды - пульсирующие звезды*. Они периодически расширяются и сжимаются. Сжатие наружных слоев вызывает их нагрев.

Цефеиды делятся на две группы: короткопериодические цефеиды, иначе звезды типа RR Лиры, с периодами меньше 1 сут и классические с периодами больше 2 сут.

Яркие цефеиды - гиганты видны нам, как маяки Вселенной, издалека. По ним мы намечаем контуры нашей звездной системы.

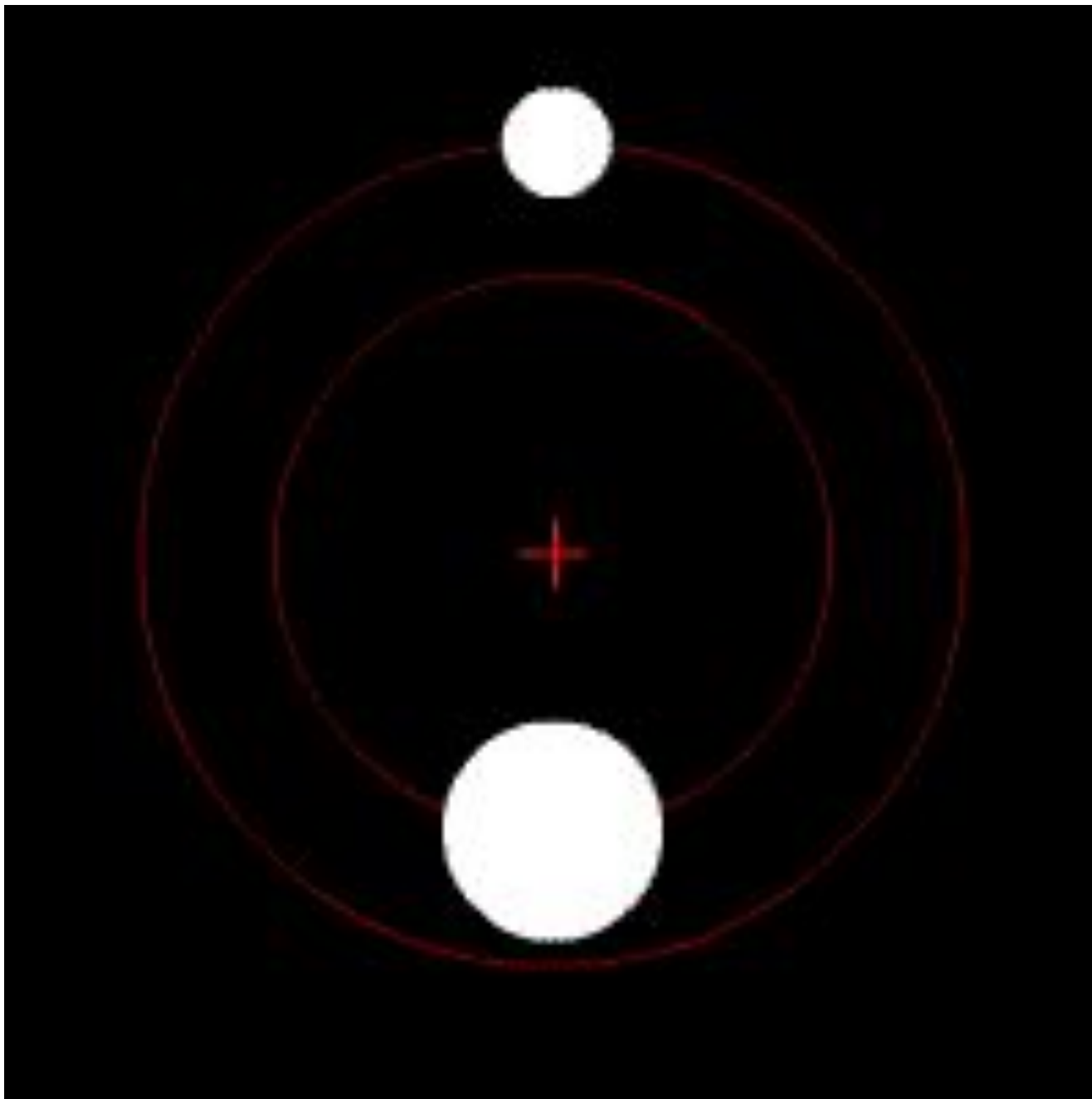


Симулированный пример бинарной звездной системы, звезды компонент которой вращаются вокруг общего центра масс (красный крест). В этом изображении две звезды имеют сходную массу. В случае бинарной системы Сириуса Сириус А имеет примерно в два раза больше массы Сириуса Б.



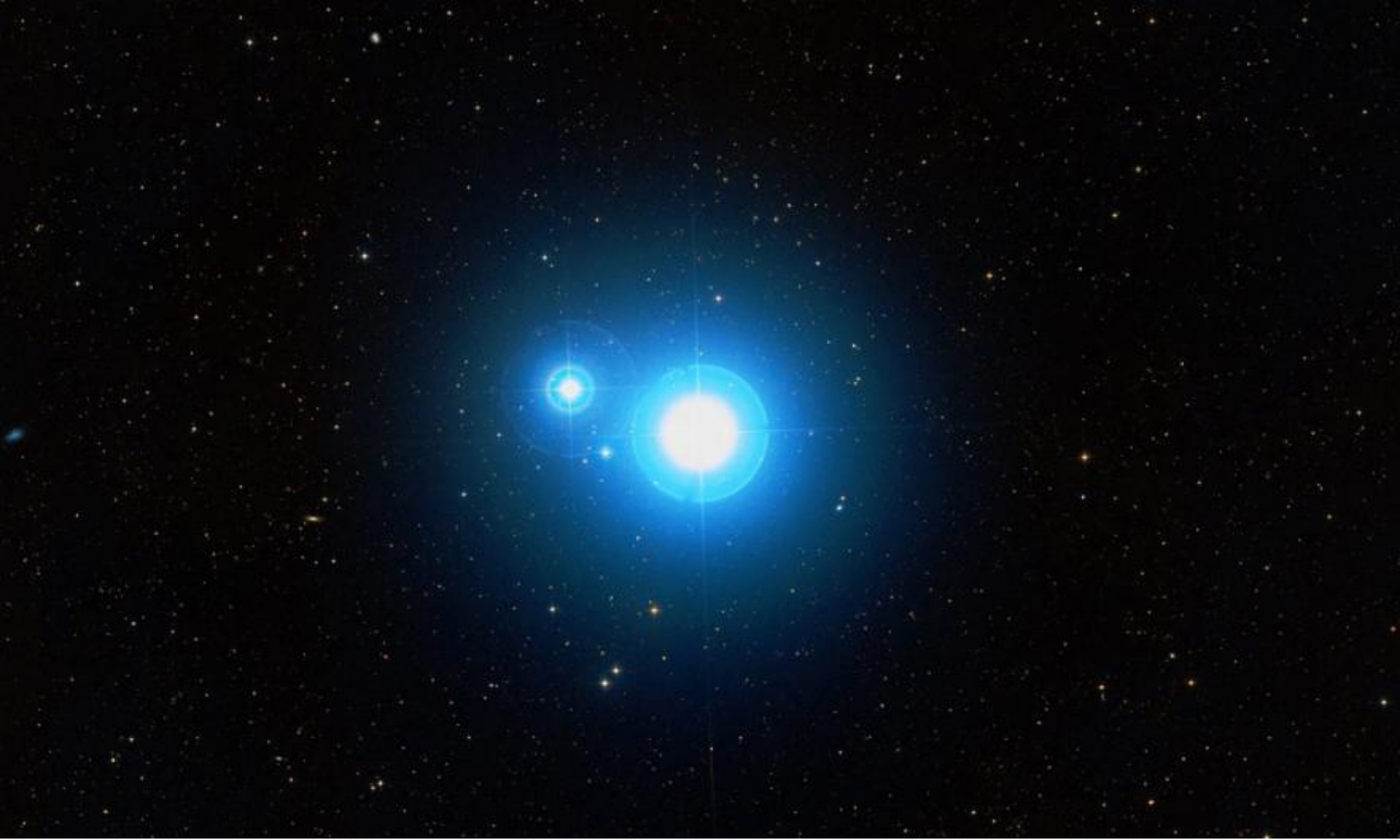
Два тела одинаковых масс обходят вокруг одной и той же точки (красный крест) по круговой орбите.

Тела разной
массы.





Возможно, половина звезд, которые мы видим ночью, являются бинарниками.

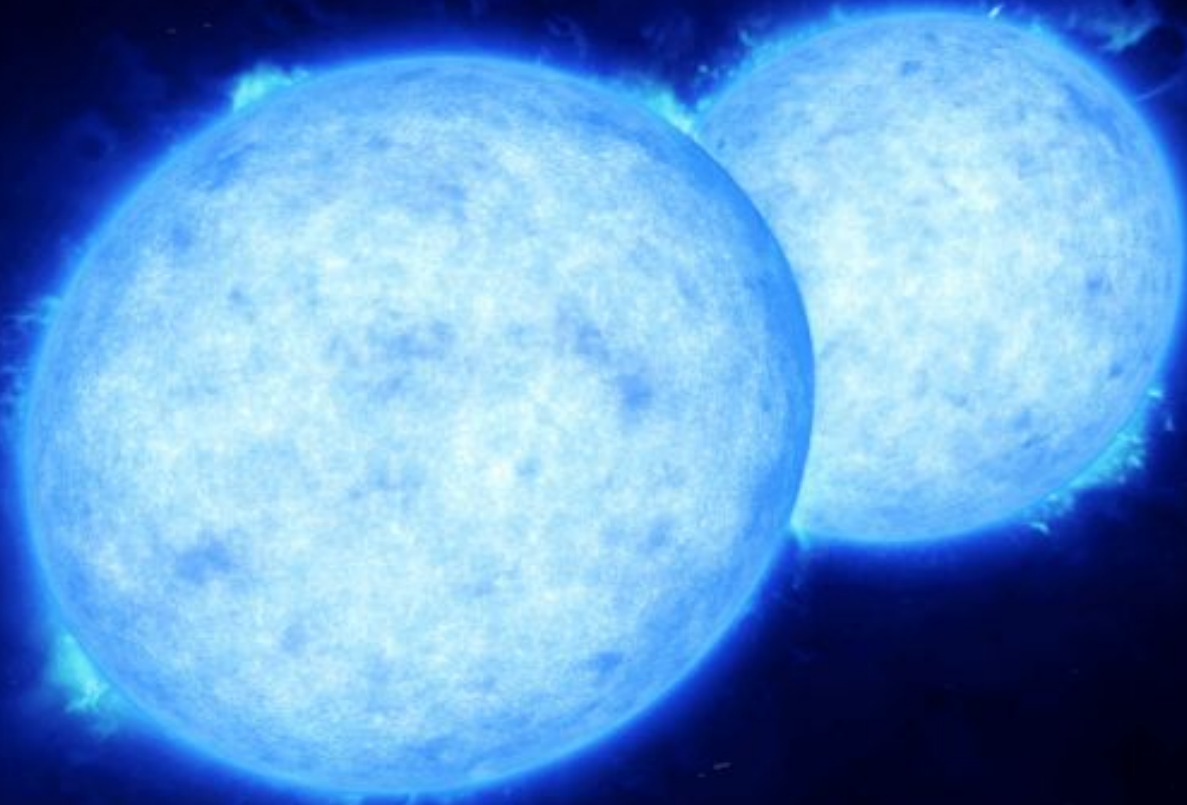


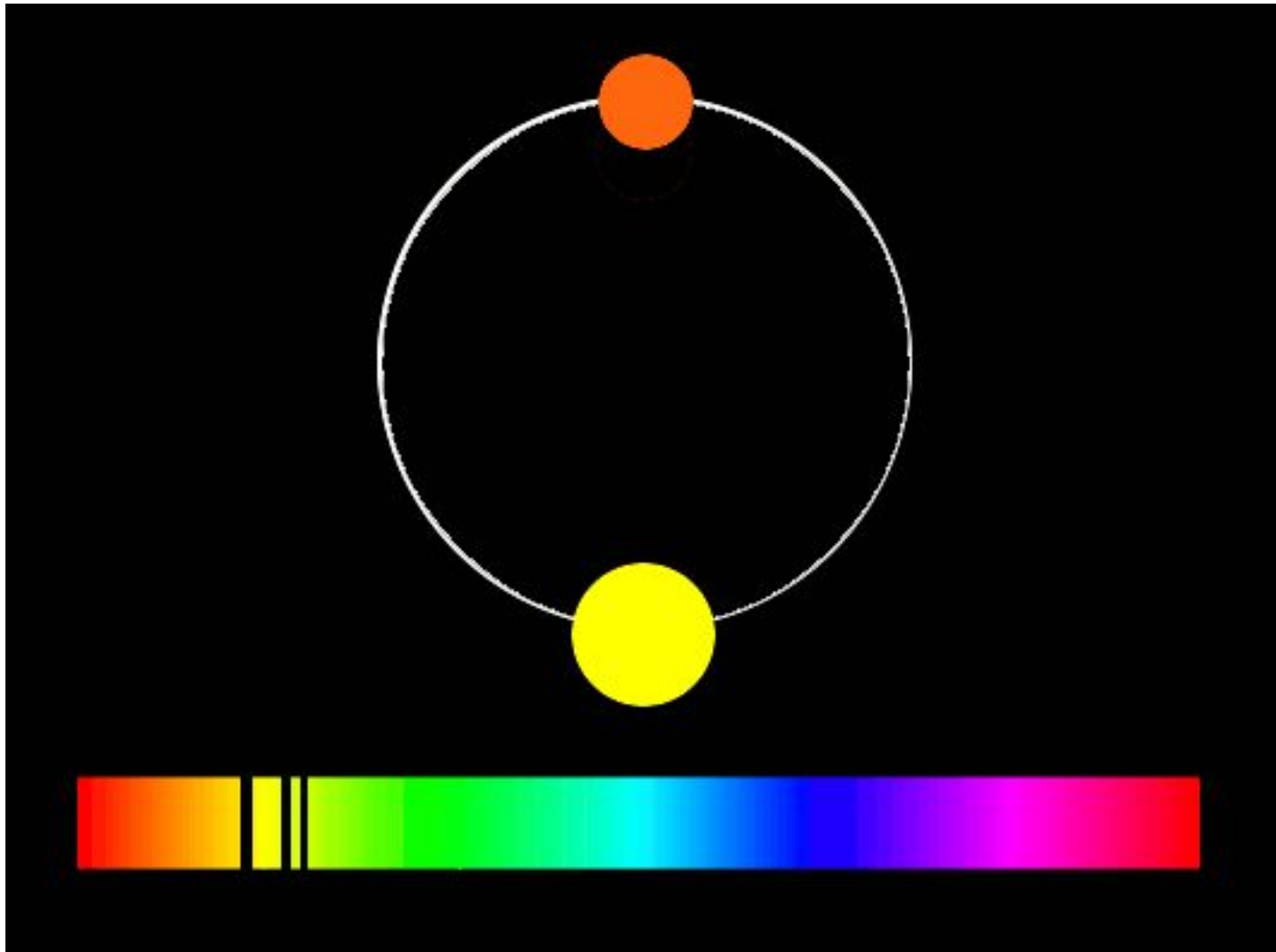
Двойная звезда в созвездии Большой Медведицы.



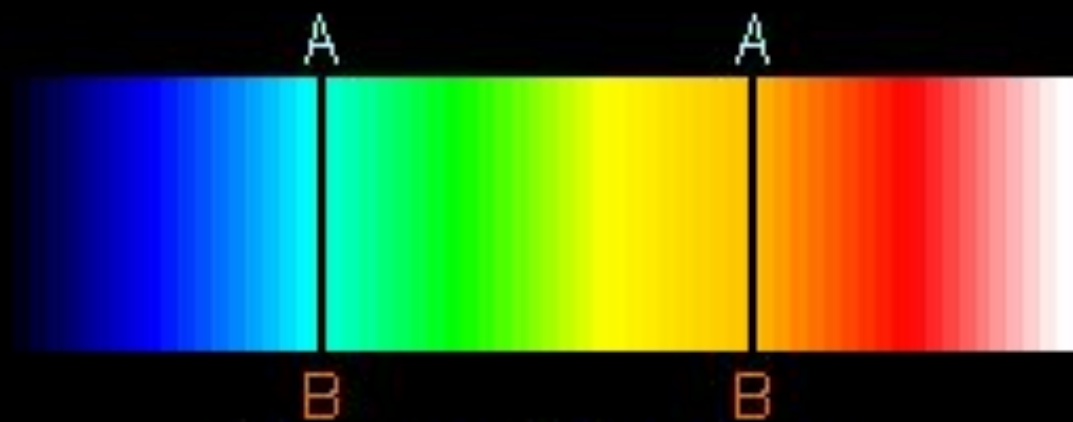
Астрономы, использующие очень большой телескоп Европейской южной обсерватории, обнаружили две очень горячие звезды настолько близко, что они фактически касаются друг друга, образуя массивную двойную звезду.

В космическом масштабе это явление очень быстротечно, и астрономы ESO заявили, что в конечном итоге двойная звезда станет либо огромной одиночной звездой, либо бинарной черной дырой.



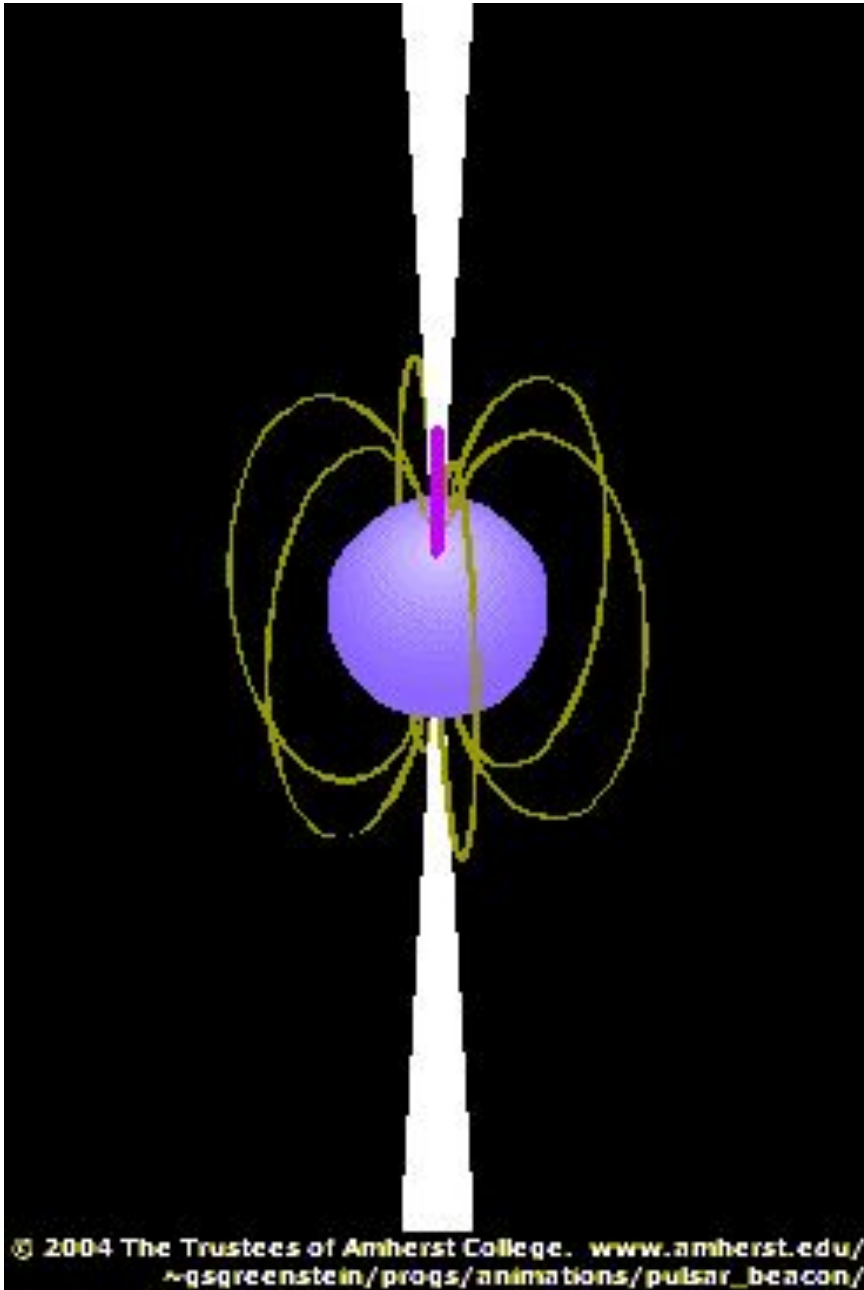


Спектрально- двойные звёзды



Observed Spectrum

Пульсар



Переменные звёзды

Периодические звёзды

Непериодические звёзды

Двойные звёзды

Физические переменные звёзды

**Цефеиды
(короткопериодические)**

**Долгопериодические
звёзды**



Области бурного звездообразования обнаруживаются:



в карликовых галактиках



в ядрах крупных галактик



на периферии неправильных галактик



на концах спиральных рукавов



Центральная черная дыра

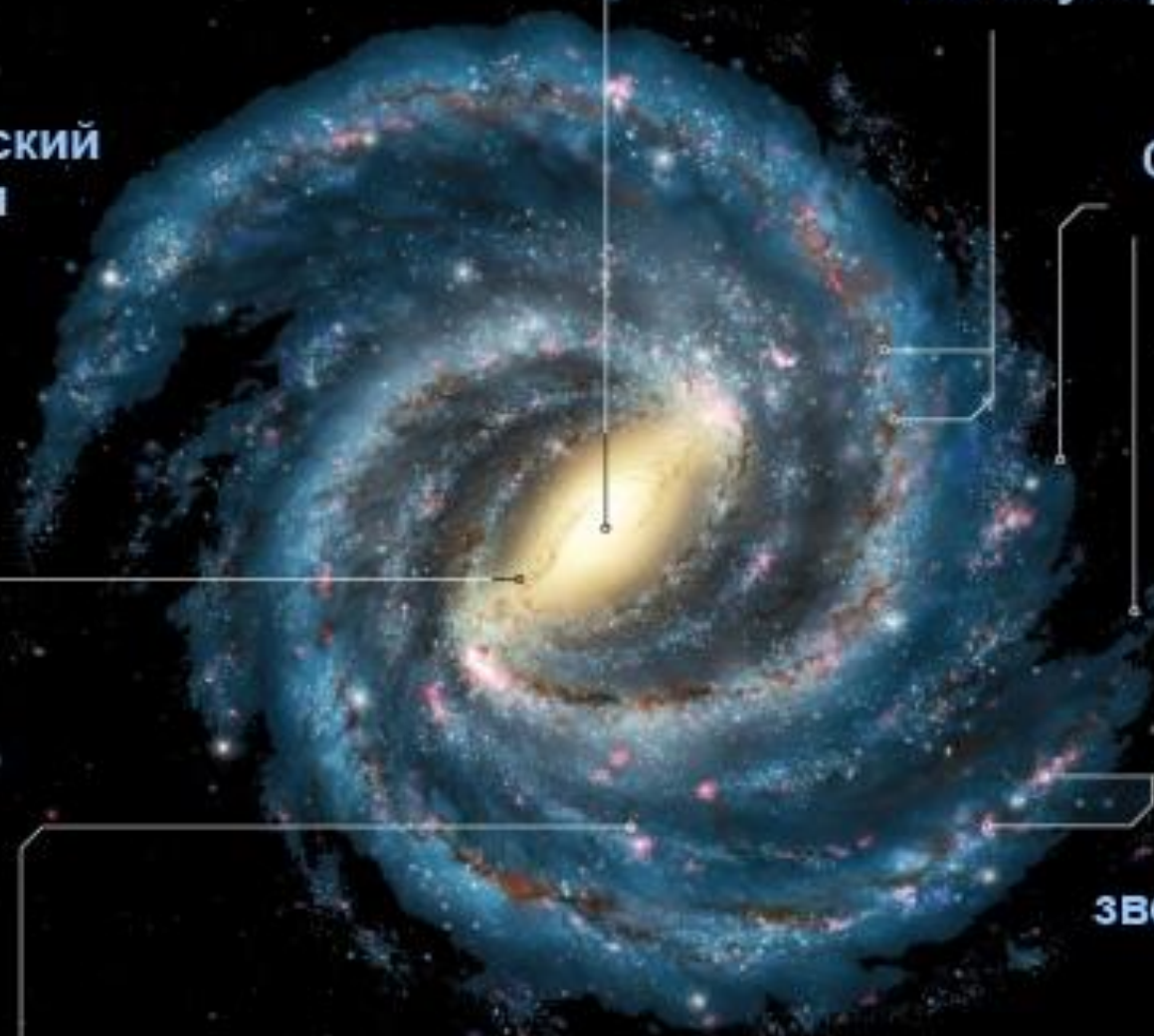
Молекулярные облака

**Галактический
выступ**

**Спиральные
рукава**

**Регионы
звздообразования**

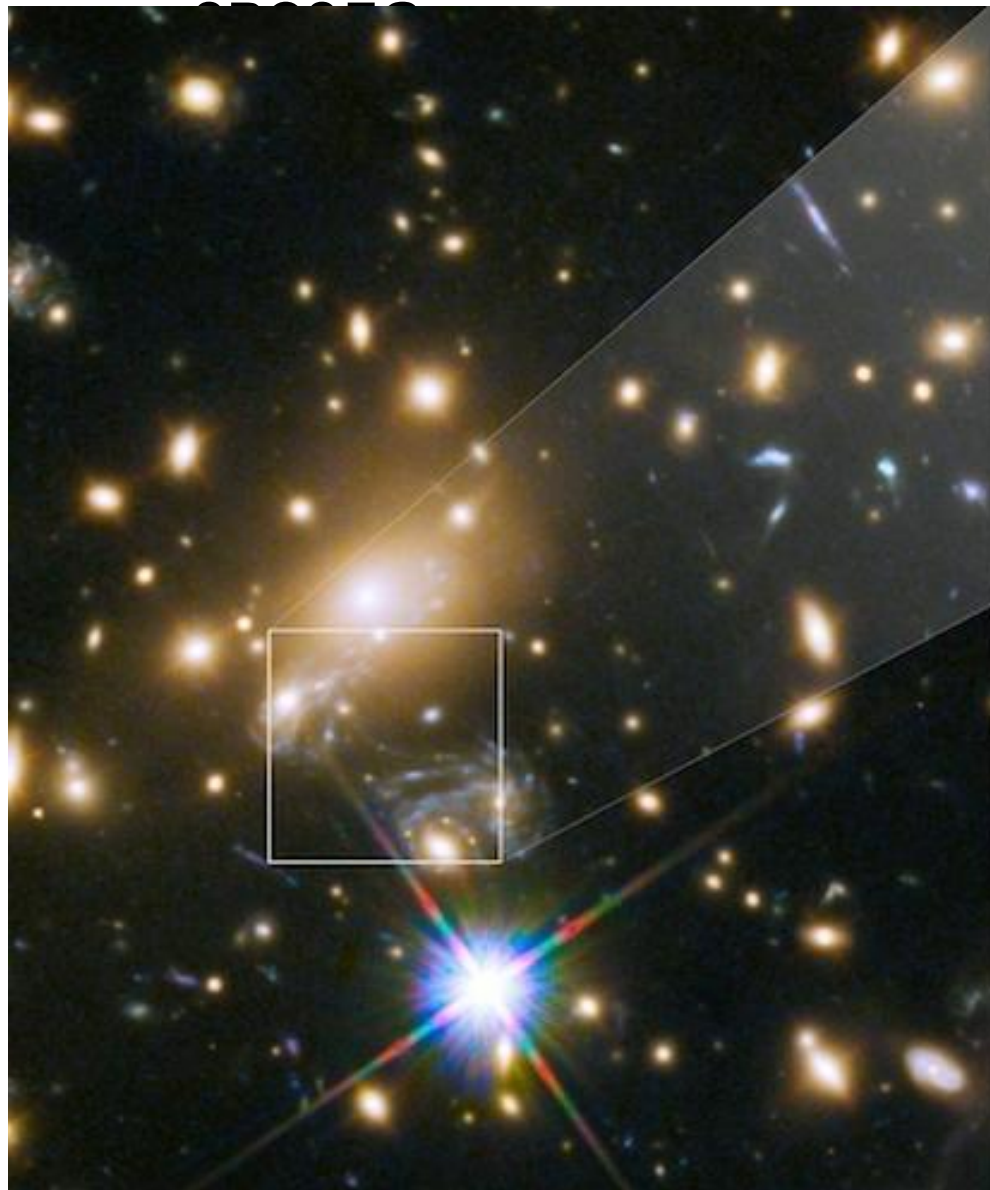
Солнце





Обсерватория "Хаббл" запечатлела
новорожденные звезды.

Обнаружена самая далекая



Как правило, даже используя самые мощные телескопы, невозможно выявить звезды на расстоянии более 100 миллионов световых лет. Однако природный телескопический феномен и немного везения помогли астрономам увидеть голубого сверхгиганта на расстоянии 9 миллиардов световых лет от Земли.

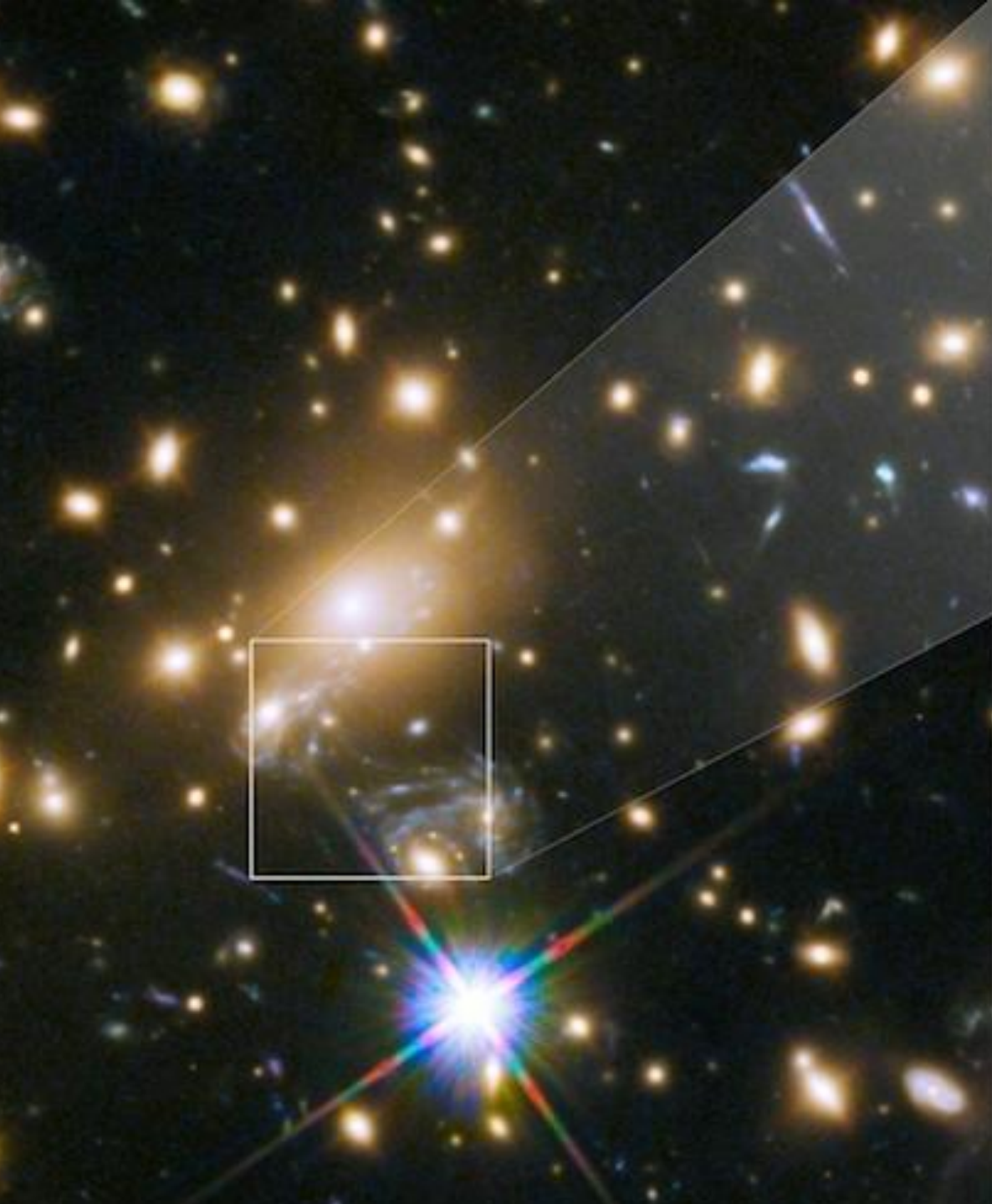
Ученые наблюдали за сверхновой с помощью космического телескопа «Хаббл», когда заметили точку света. Позже они поняли, что это отдельная звезда.

Гравитация от массивного небесного объекта может действовать как увеличительное стекло, отклоняя и усиливая свет от объектов позади него. Этот эффект называют гравитационным линзированием. В данном случае гравитация массивного скопления галактик на расстоянии 5 миллиардов световых лет позволила астрономам увидеть голубой сверхгигант, получивший название Икар.

«Эти линзы — потрясающие космические телескопы. Впервые мы видим отдельную нормальную звезду на расстоянии 9 миллиардов световых лет. Не галактику с ее миллиардами светил, не яркую сверхновую, не гамма-всплеск, а единственную стабильную звезду»,

Обычно линзирование увеличивает отдаленные объекты примерно в 50 раз, но Икар был увеличен в гораздо большей степени. Причиной этого является дополнительное увеличение, помимо эффекта от скопления галактик, которое создала другая отдельная звезда внутри этого кластера, оказавшись точно на одной линии перед Икаром. В результате объект выглядел ярче более чем в 2000 раз

Ученые в целом согласны с тем, что породивший Вселенную Большой Взрыв произошел около 13,8 миллиардов лет назад. Икар настолько стар, что свет, наблюдаемый «Хабблом», сформировался, когда возраст Вселенной составлял всего 30 % от нынешнего. Наблюдая за далекой звездой, астрономы также проверяют гипотезы о темной материи. Одна из них предполагает, что темная материя состоит из первобытных черных дыр, гипотетических объектов, которые возникли сразу после Большого Взрыва. По мнению авторов, световые флуктуации, замеченные у Икара, делают эту гипотезу маловероятной.



2011

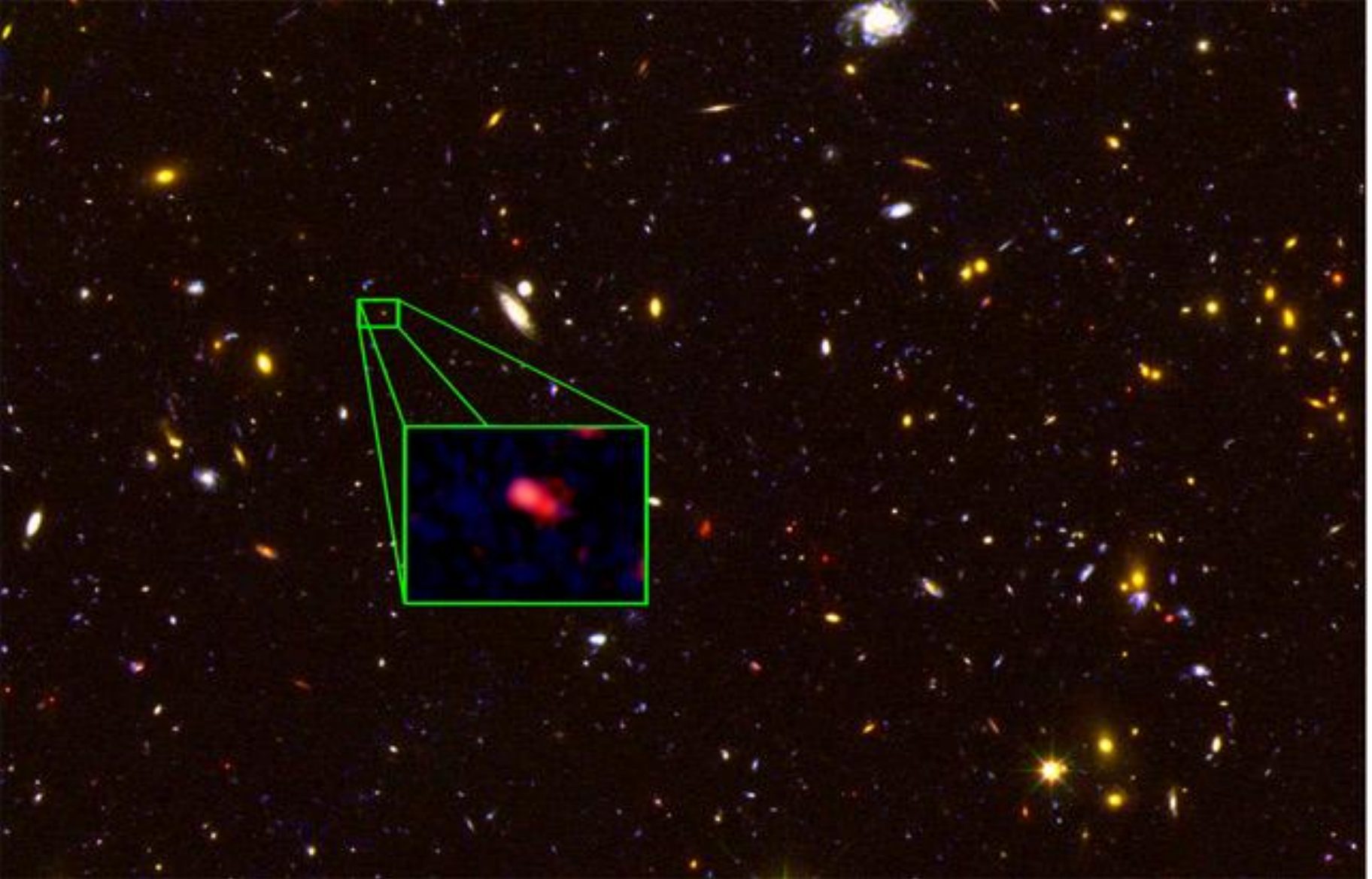


2016





Взрывающаяся галактика M82



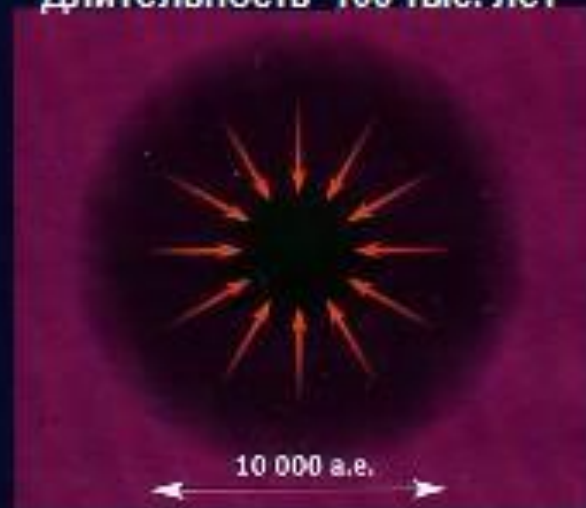
Обнаружена самая далёкая галактика:
30 млрд световых лет от Земли

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗВЕЗДЫ

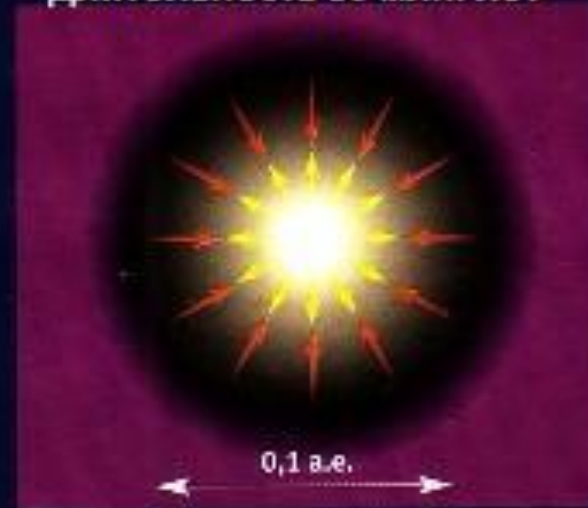
Темное межзвездное облако
Начало процесса



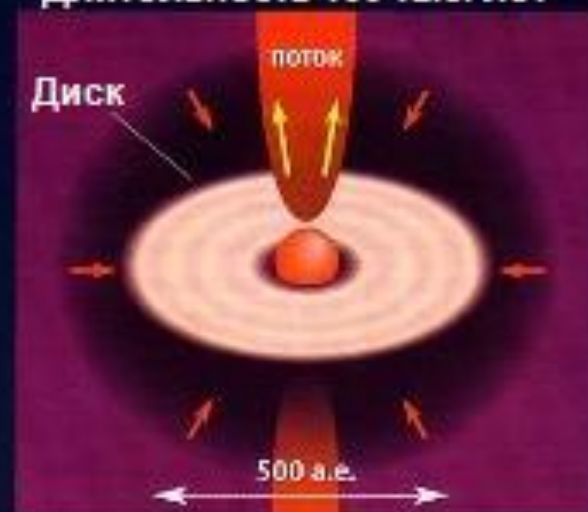
Быстрое сжатие плотного ядра
Длительность 100 тыс. лет



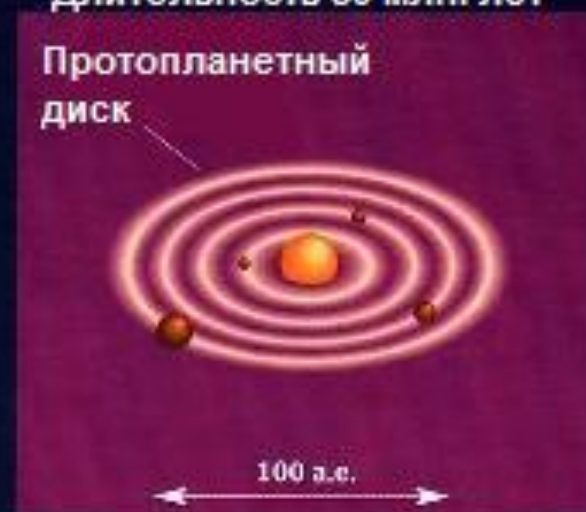
Медленное сжатие
Длительность 50 млн. лет



Протозвезда
Длительность 100 тыс. лет



Очень молодая звезда
Длительность 50 млн. лет



Молодая звезда
Конец процесса



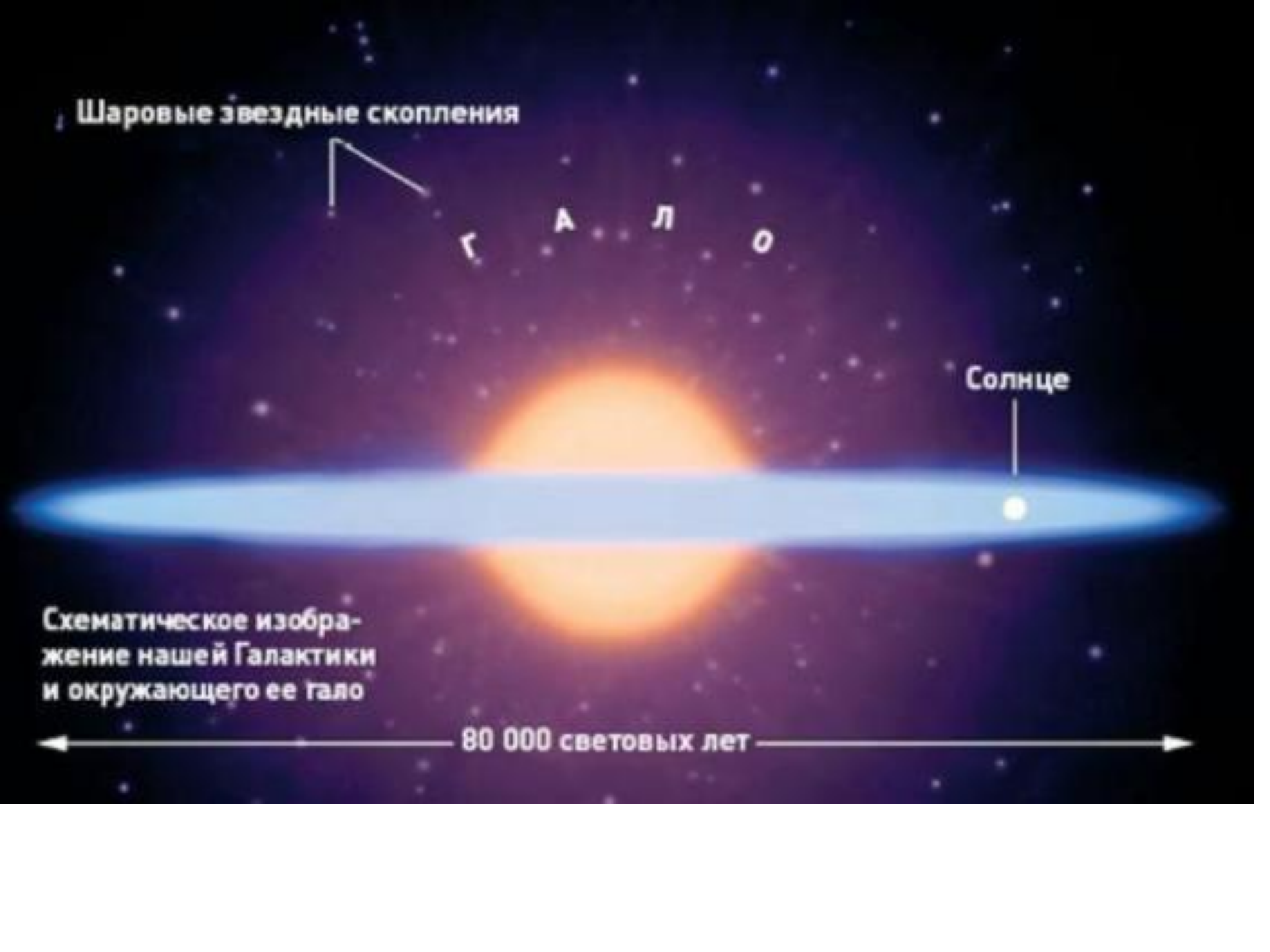
Шаровые звездные скопления

Г А Л О

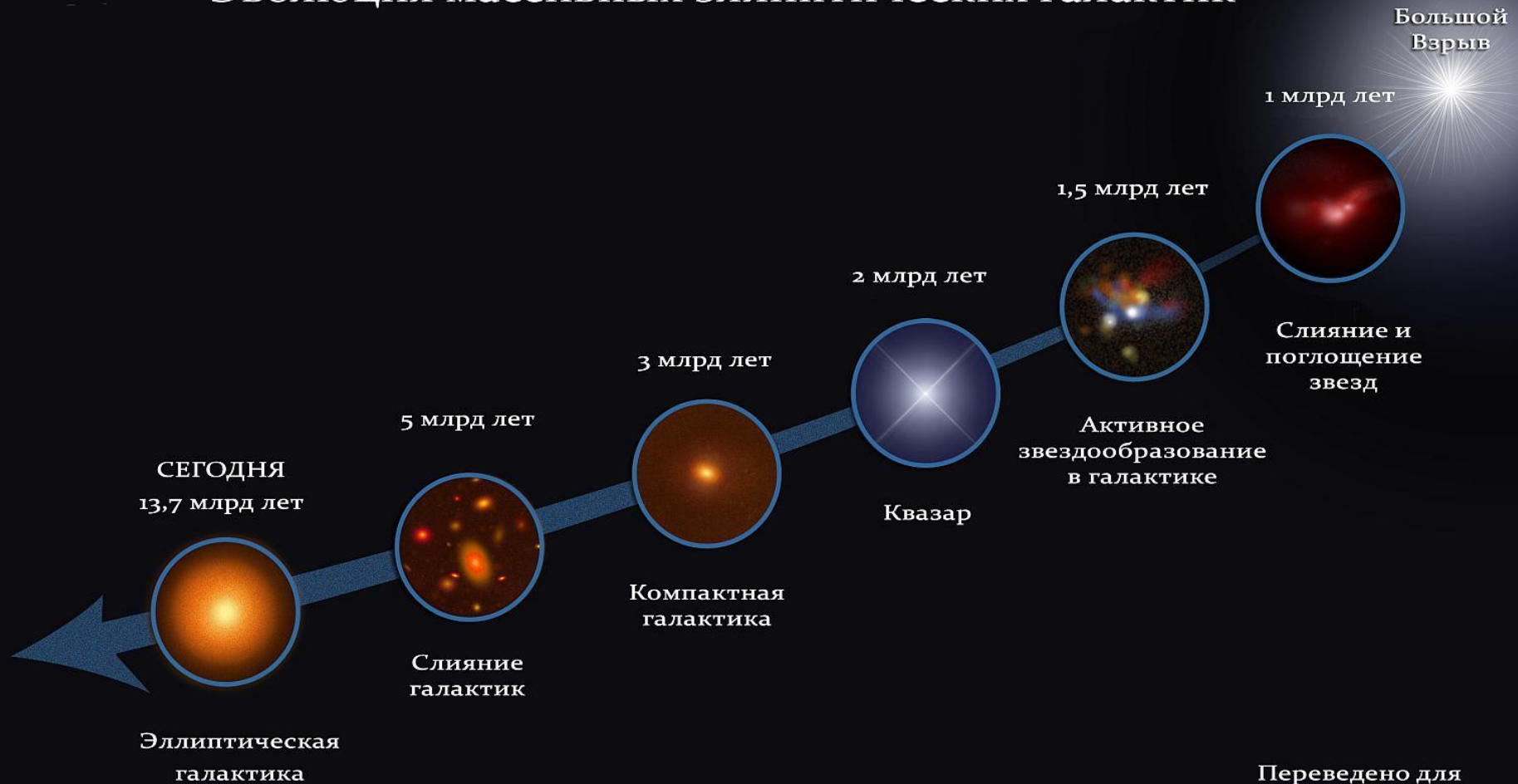
Солнце

Схематическое изображение нашей Галактики и окружающего ее гало

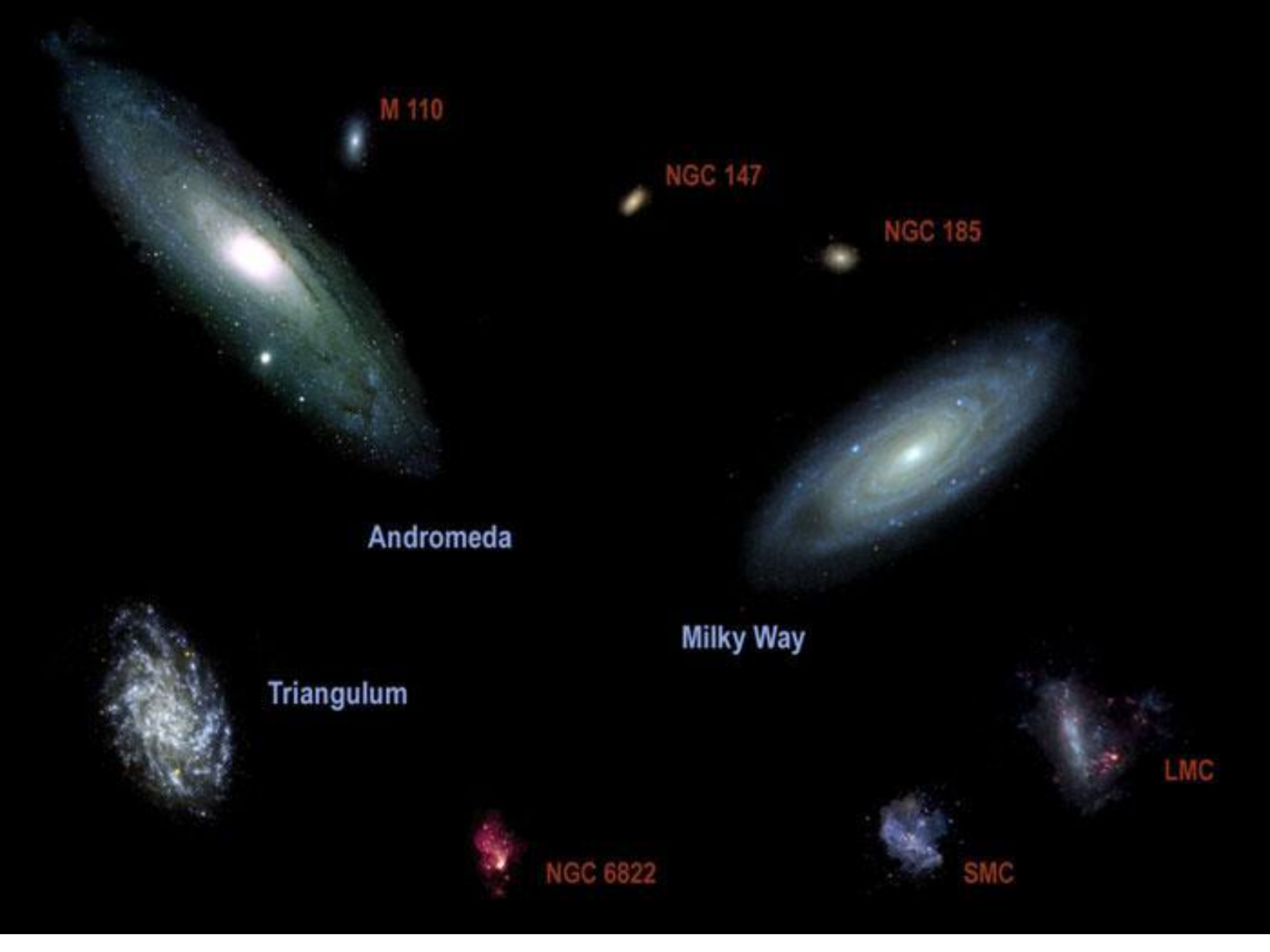
80 000 световых лет



Эволюция массивных эллиптических галактик



Переведено для
<http://spacegid.com/>



M 110

NGC 147

NGC 185

Andromeda

Milky Way

Triangulum

LMC

NGC 6822

SMC