

# ЖИЗНЬ ЗВЕЗД

**Александр Коста, Беатриз Гарсия,  
Рикардо Морено, Роза М. Рос**

*Международный астрономический Союз  
Средняя школа Лоле, Португалия*

*ITeDA и Национальный технологический университет, Аргентина*

*Колледж Ретамар, Мадрид, Испания*

*Технический университет Каталонии, Испания*



# Цели

- Понять разницу между видимой звездной величиной и абсолютной звездной величиной.
- Изучить диаграмму Герцшпрунга-Рассела – диаграмму цвета / звездные величины.
- Объяснить такие понятия, как сверхновая, нейтронная звезда, черная дыра и пульсар.

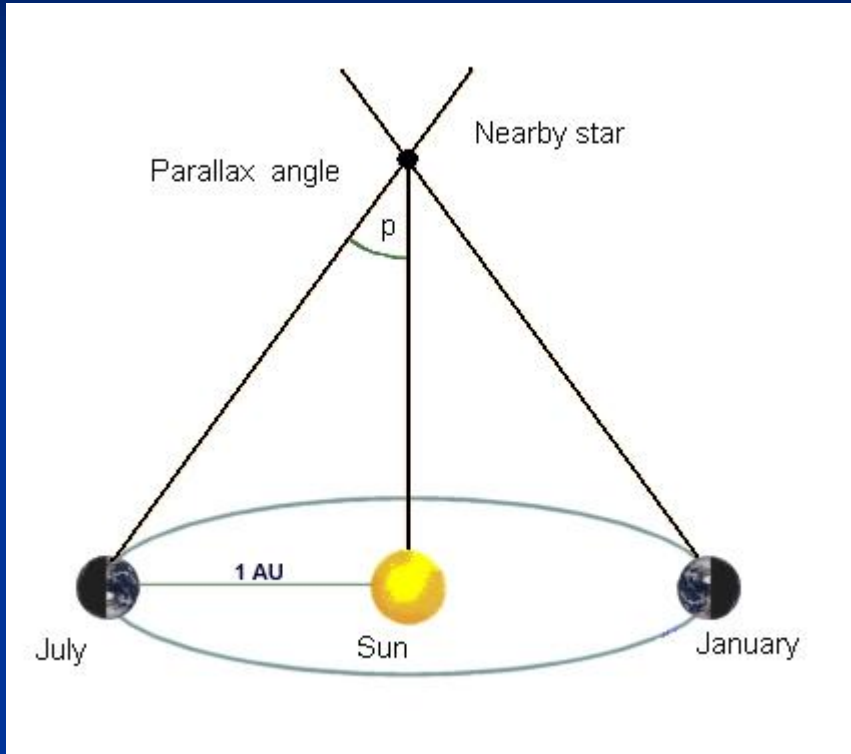


# Упражнение 1: моделирование параллакса



- Держите большой палец вверх с вытянутой рукой.
- Продолжайте смотреть, сначала только с открытым левым глазом, затем только с правым глазом. Что вы видите?
- Теперь переместите палец на полпути к носу и повторите наблюдение. Что вы видите?

# Параллакс

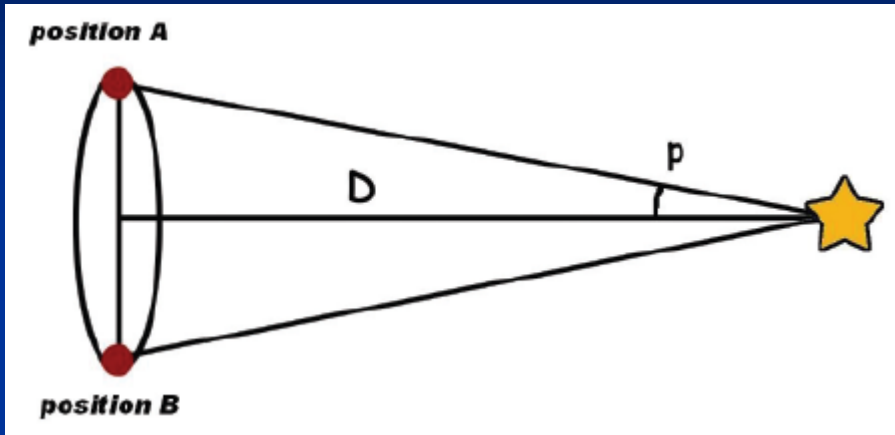


Источник: Columbia University.

- Параллакс-это видимая разница в положении объекта при просмотре из разных мест.
- Очевидно, что положение ближайшей звезды на небе меняется, если смотреть с Земли сейчас и шесть месяцев спустя.
- Таким образом, мы можем измерить расстояние до ближайших звезд.



# Параллакс



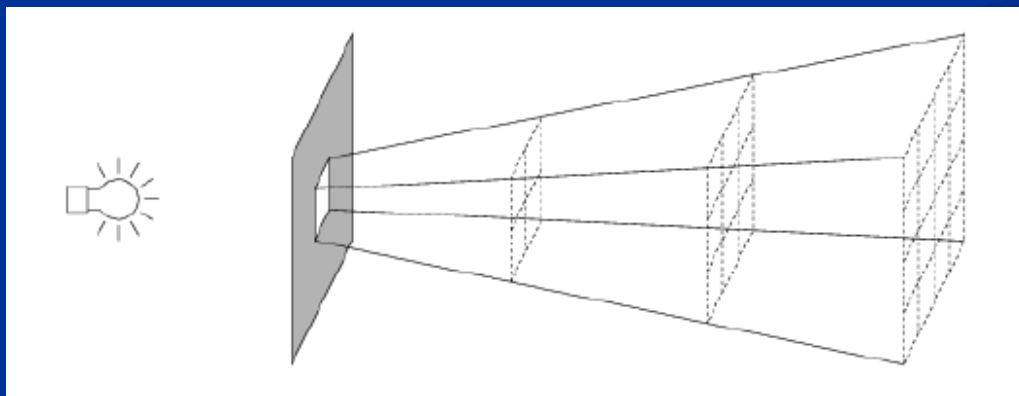
$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB/2}{p}$$

$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ l.y.}$$

1 парсек = 3,26 световых лет

## Упражнение 2: закон обратных квадратов

Звезда испускает излучение во всех направлениях. Интенсивность ( $I$ ), полученная на расстоянии  $D$ , на единицу площади поверхности, представляет собой светимость  $L$  (мощность) звезды, деленную на площадь сферы, в центре которой находится звезда.



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

# Упражнение 2: закон обратных квадратов

Когда расстояние удвоится, соответствующая площадь будет в четыре раза больше, а интенсивность света (падающий свет на единицу площади) станет в четыре раза меньше.

Интенсивность света обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника.





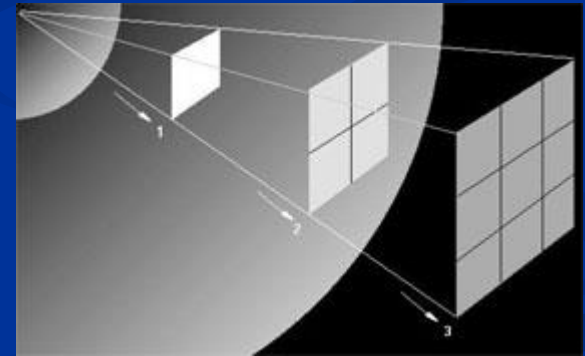
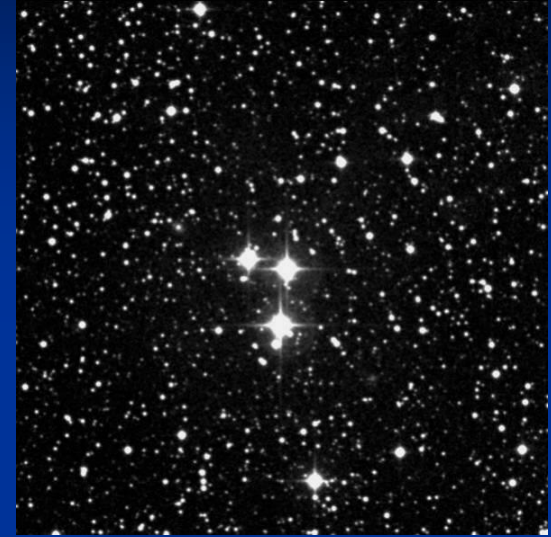
# Система звездных величин

Звезды показывают разную яркость.

Самая яркая звезда, которую вы видите, может иметь малую светимость и быть близкой, или большую светимость и быть удаленной.

Яркость определяется как :

$$B = \frac{L}{4\pi D^2}$$





# Система звездных величин

Гиппарх родился в Никее (ныне Изник, Турция) в 190 году до нашей эры.

Считается, что он умер на Родосе, Греция, в 120 году до нашей эры.

Около 125 лет до н. э. он ввел систему звездных величин.



# Система звездных величин

Гиппарх называл самые яркие звезды 1-й величины, менее яркие 2-й величины и так продолжал до самой слабой, которую он называл 6-й величины.

Эта система, немного измененная, используется и сегодня: чем больше звездная величина, тем менее яркая эта звезда.

Астрономы ссылаются на яркость звезды, когда говорят о ее видимой звездной величине.



# Система звездных величин

- В 1850 году Роберт Погсон предположил, что разность 5 величин должна быть точно равна отношению яркости 100 к 1.
- Уменьшение звёздной величины на одну единицу означает увеличение яркости в  $100^{1/5} \approx 2,512$  раза.
- Это формальное определение масштаба, который используется астрономами сегодня.



# Закон Погсона

С вычислительной точки зрения полезно использовать логарифмическую шкалу для записи этого отношения:

$$2.5 \lg (B_1/B_2) = m_2 - m_1$$

Например:

Сириус, самая яркая звезда на небе, имеет величину -1.5

Видимая звездная величина Венеры -4

Видимая звездная величина Луны составляет -13

Видимая звездная величина Солнца -26.8



# Видимая и абсолютная звездная величина

## величина

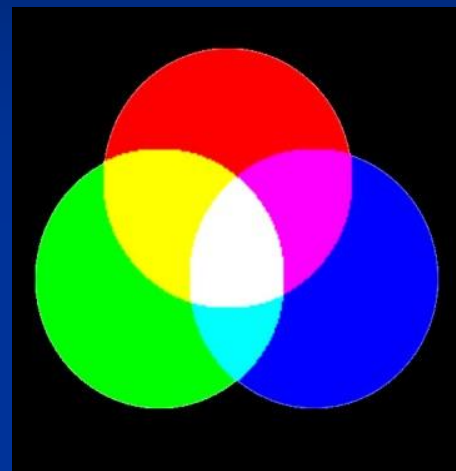
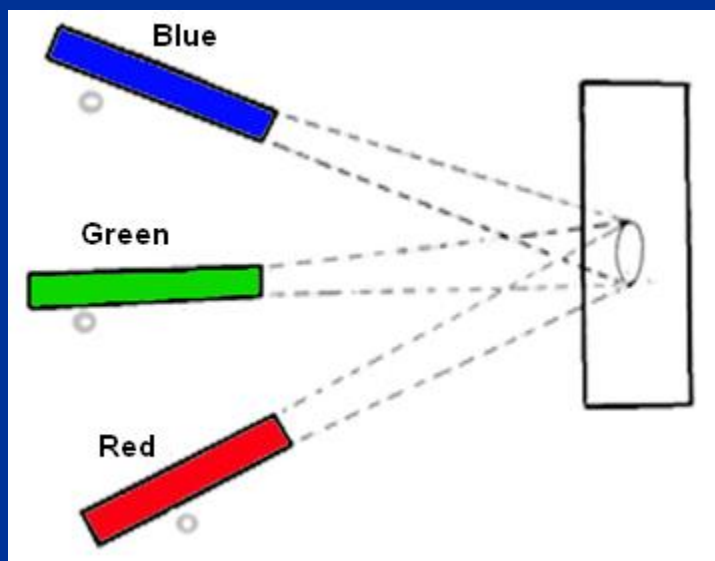
- Далекая звезда с мощным излучением может иметь ту же видимую величину ( $m$ ), что и другая слабее излучающая, но близкая звезда.
- Астрономы ввели понятие абсолютной звездной величины ( $M$ ). Это звёздная величина объекта, если бы он был расположен на расстоянии 10 парсек от наблюдателя (32,6 световых лет).
- С абсолютной величиной мы можем теперь сравнить "реальную яркость" двух звезд, или эквивалентную ей, мощность или светимость звезды.
- Математическая зависимость между  $m$  и  $M$  имеет вид:

$$M = m + 5 - 5 \lg d$$

где  $d$  - реальное расстояние до звезды.

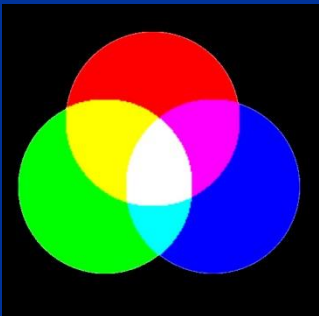
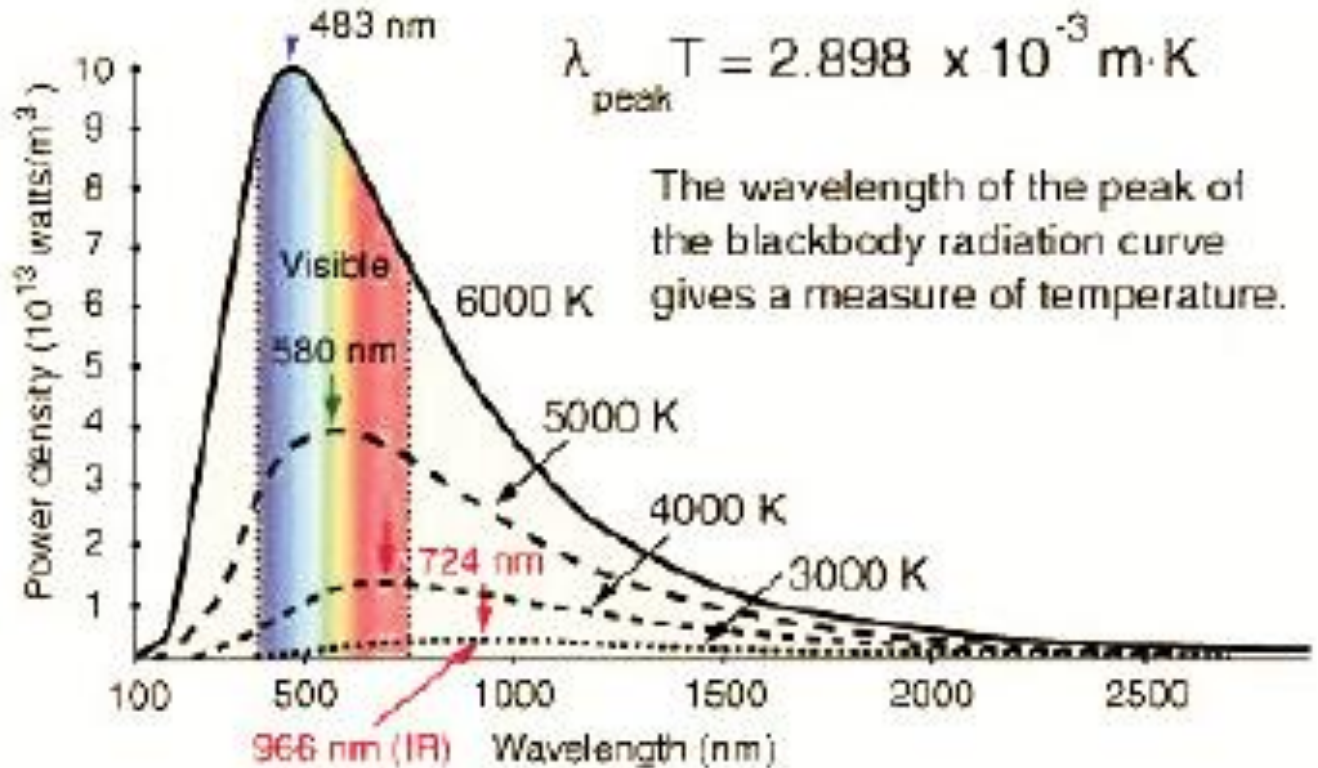


# Упражнение 3: цвет звезд





# Упражнение 3: цвет звезд

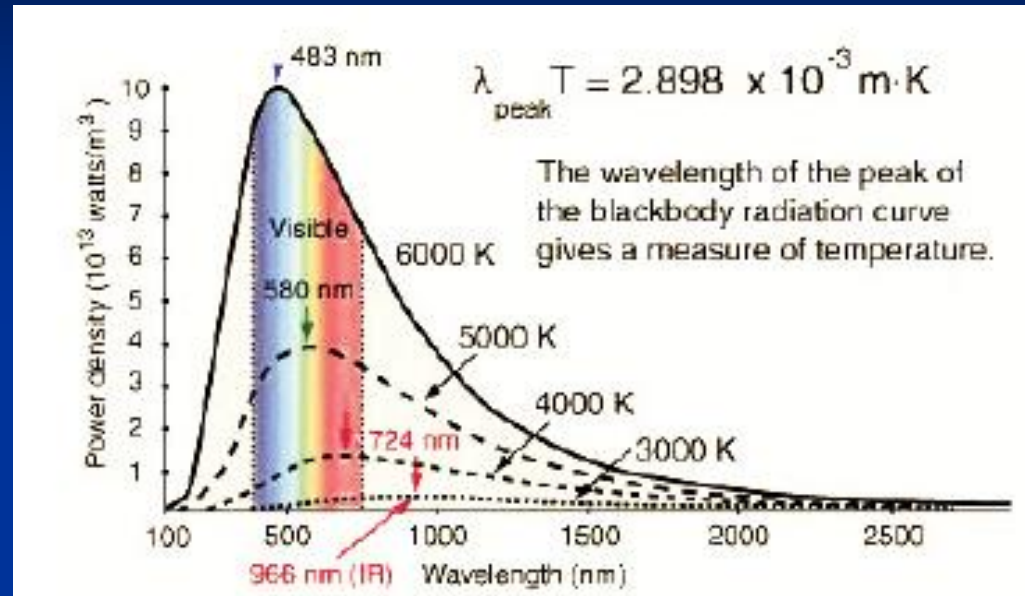
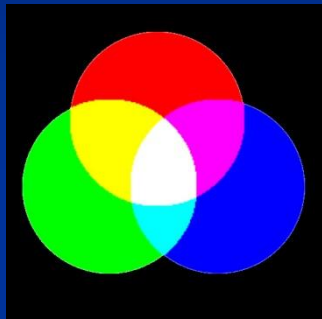


Звезды имеют различные цвета в зависимости от их температуры.



# Пункт 3: Цвет звезд

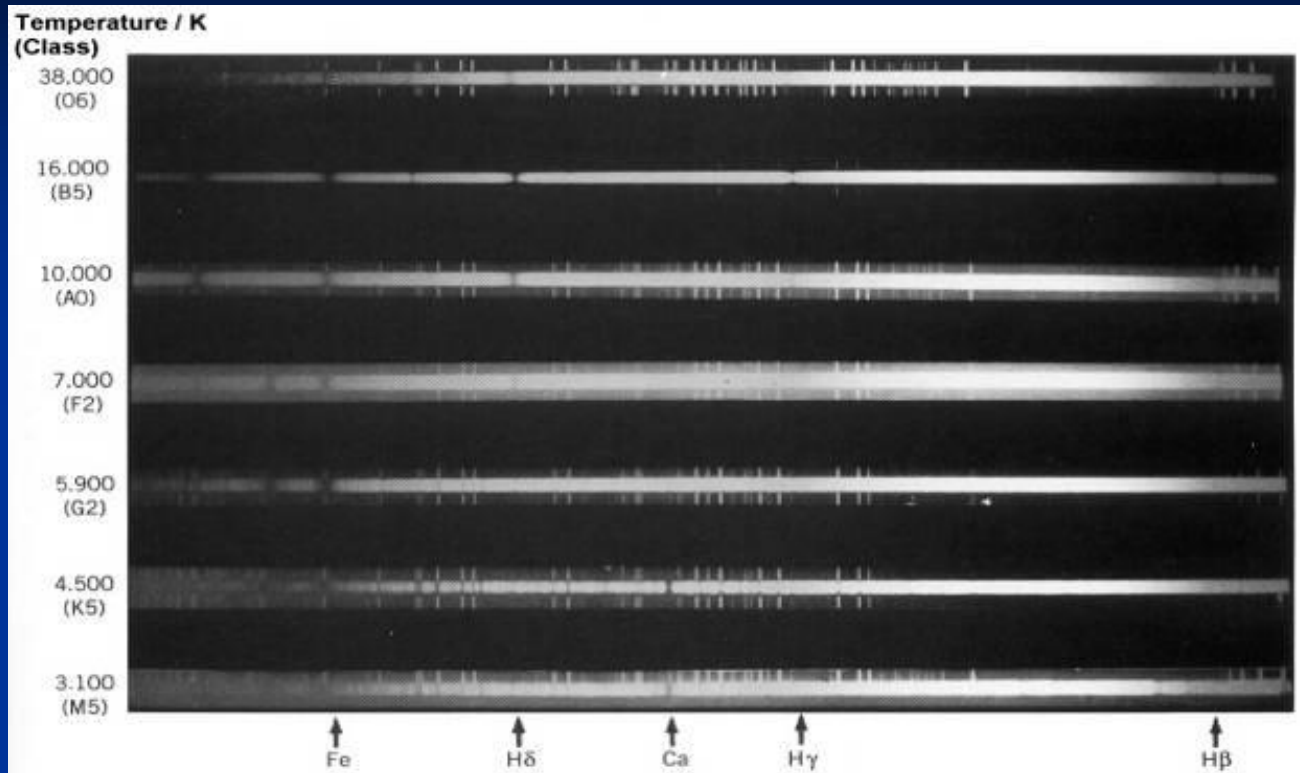
Цвета звезд зависят от температуры их поверхности



Звезды, подобные Солнцу имеют максимум излучения в зеленой части спектра. Мы видим Солнце оранжевым потому что в наших глазах клетки отвечающие за красный и зеленый находятся очень близко друг другу.

Из-за смешивания цветов рождается оранжевый.

# Спектральные классы звезд



Связь между спектральной классификацией, температурой и цветом звезд

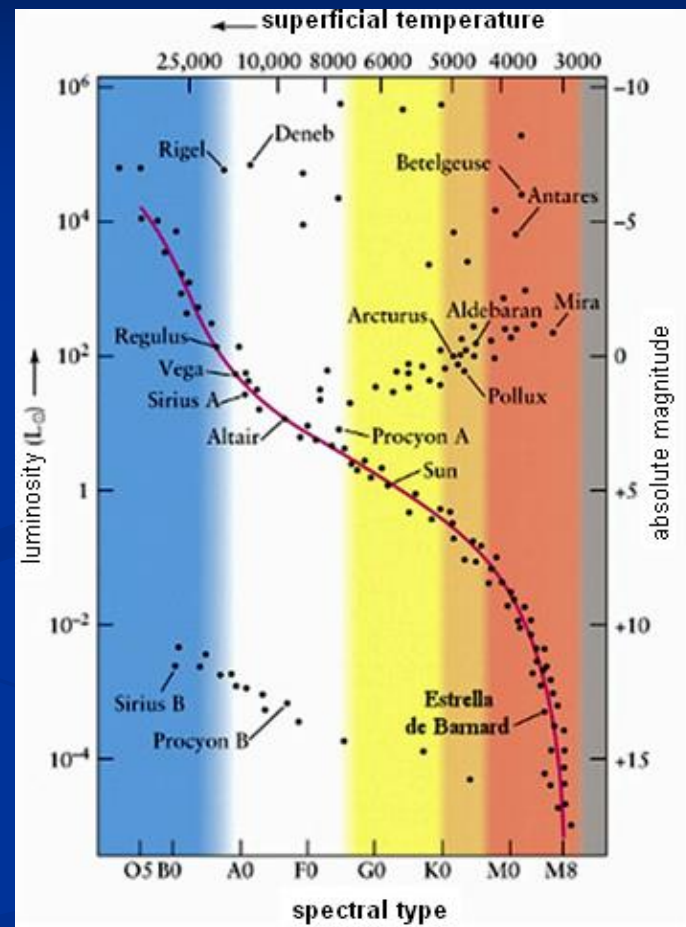


# Диаграмма Герцшпрунга-Рассела

Звезды могут быть представлены в эмпирической диаграмме, используя их температуру поверхности (или спектральный класс) в зависимости от их яркости (или абсолютной звездной величины).

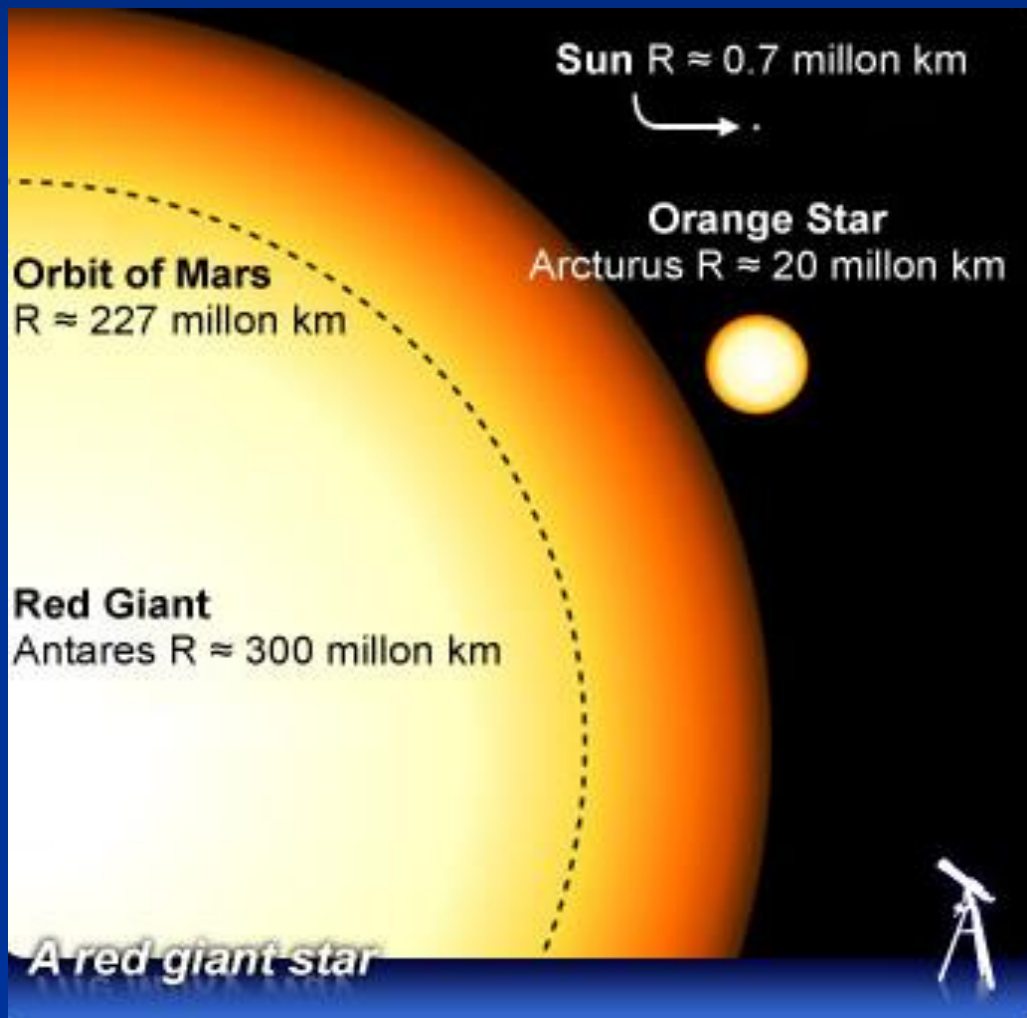
Звезды занимают определенные области диаграммы.

Положение звезды помогает вам узнать тип звезды и ее эволюционную стадию.



# Звездная эволюция.

## Формирование красного гиганта



Звезды  
эволюционируют  
по-разному в  
зависимости от  
их массы.

Сравнение  
радиуса Солнца,  
Арктур и  
Антареса



# Звездная эволюция. Формирование белого карлика



Звезда малой или промежуточной массы, такая как Солнце, эволюционирует в белый карлик. Это форма некатастрофической звездной смерти.





# Планетарная туманность



Центральный объект, маленький и белый - это белый карлик, мертвая звезда, которая больше не производит энергию путем слияния ядер и видна только из-за ее очень высокой температуры.



# Туманность Кошачий глаз



Туманность Кошачий глаз – это очень красивая планетарная туманность. Здесь вы можете увидеть фотографию в видимой области спектра (слева, космический телескоп Хаббл) и в рентгеновских лучах (справа, телескоп Чандра).



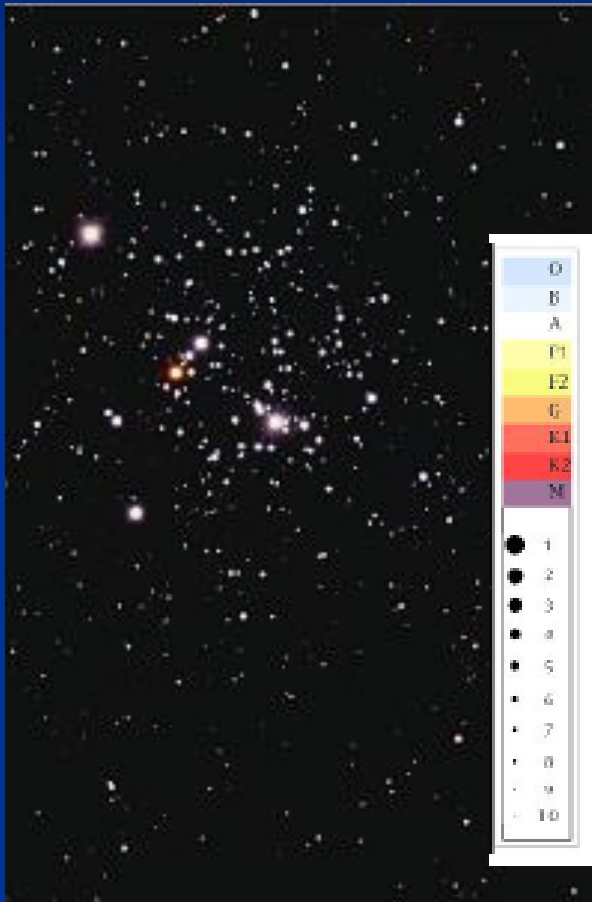


# Упражнение 4: возраст открытых звездных скоплений

Вы можете определить возраст звездного скопления, сравнивая его диаграмму Г.-Р. с диаграммами других скоплений, возраст которых известен.



# Упражнение 4: возраст открытых звездных скоплений



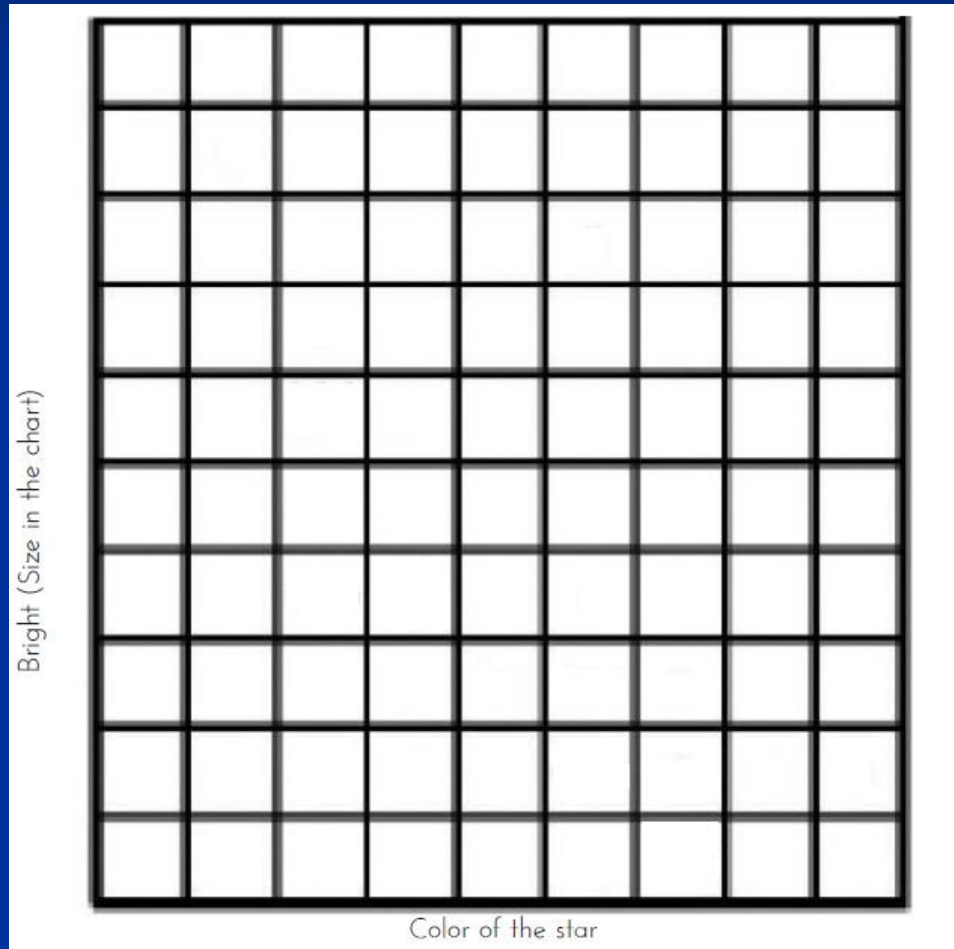
Капша Южного Креста

- Нарисуйте квадрат со стороной 4 см с центром на скоплении.
- Измерьте яркость выбранной звезды, сравнивая ее с точками в направляющей.
- Оцените цвет выбранной звезды, используя для сравнения руководство по цвету.



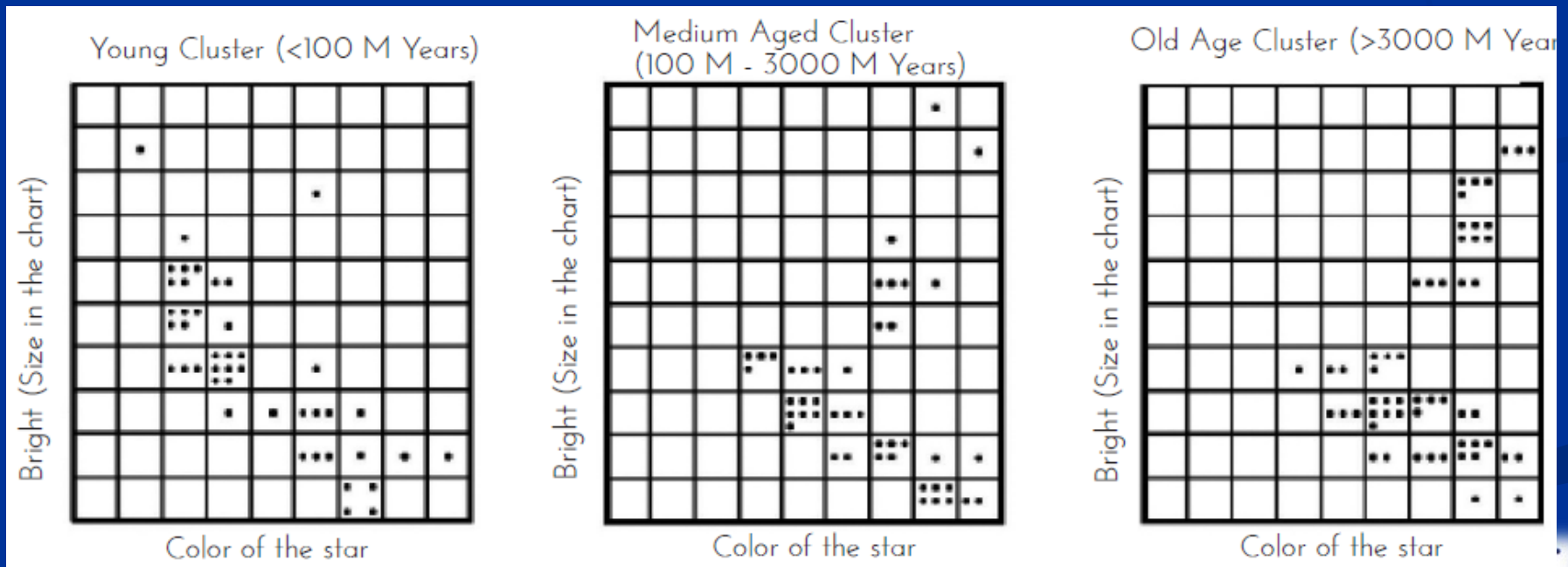
# Упражнение 4: возраст открытых ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

- Нанесите эту звезду на сетку справа.
- Повторите с другими звездами.

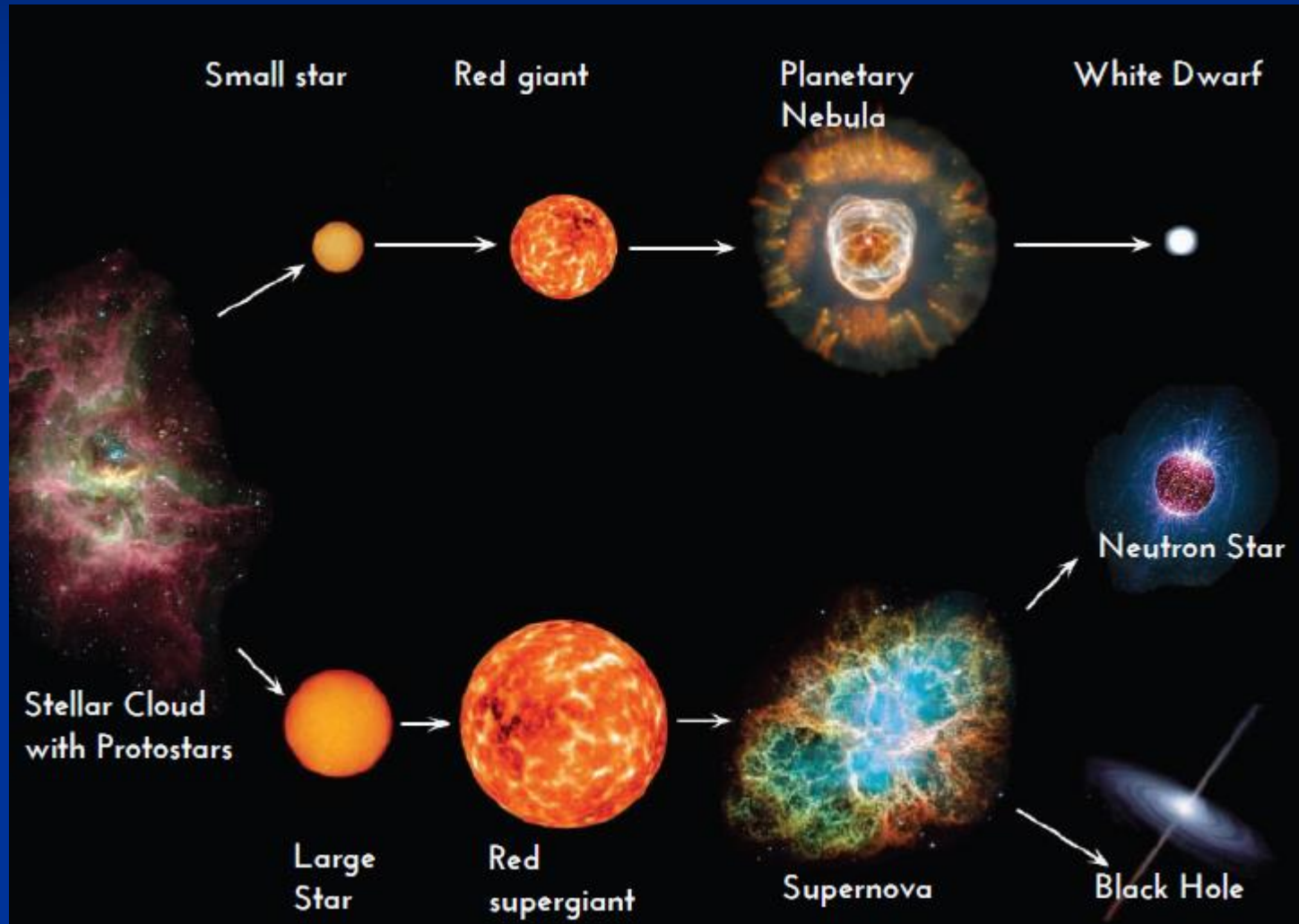


# Упражнение 4: возраст открытых звездных скоплений

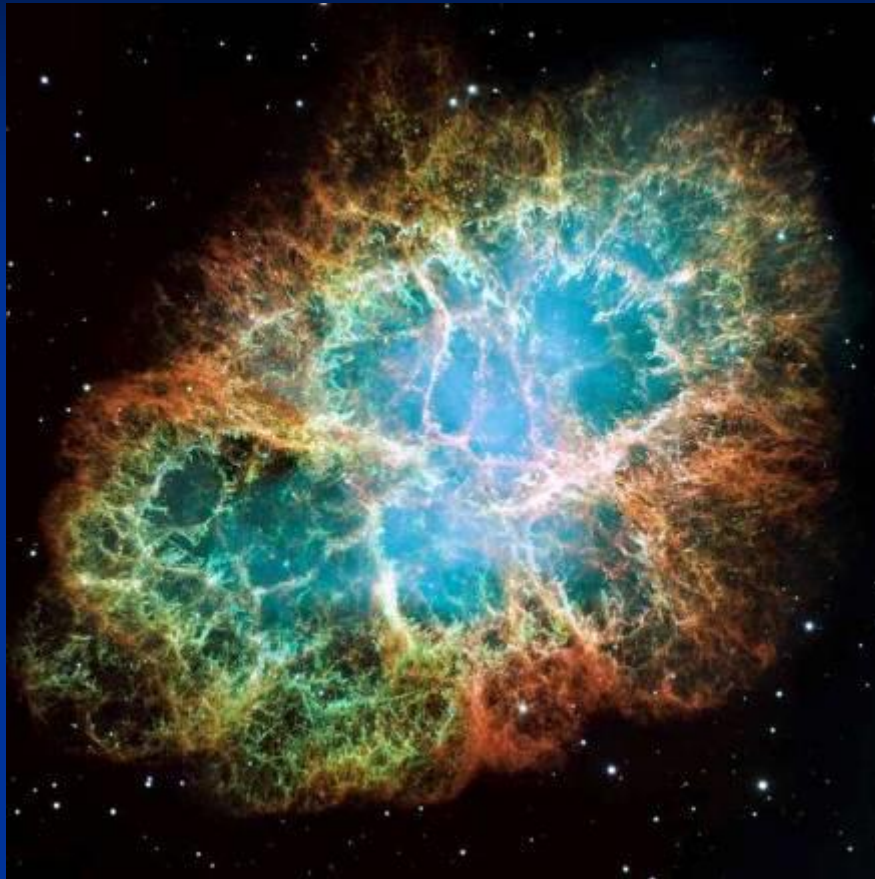
Сравните полученную диаграмму с  
приведенными ниже. Сколько лет вашей  
группе?



# Зависимость конечной стадии эволюции звезды от ее массы



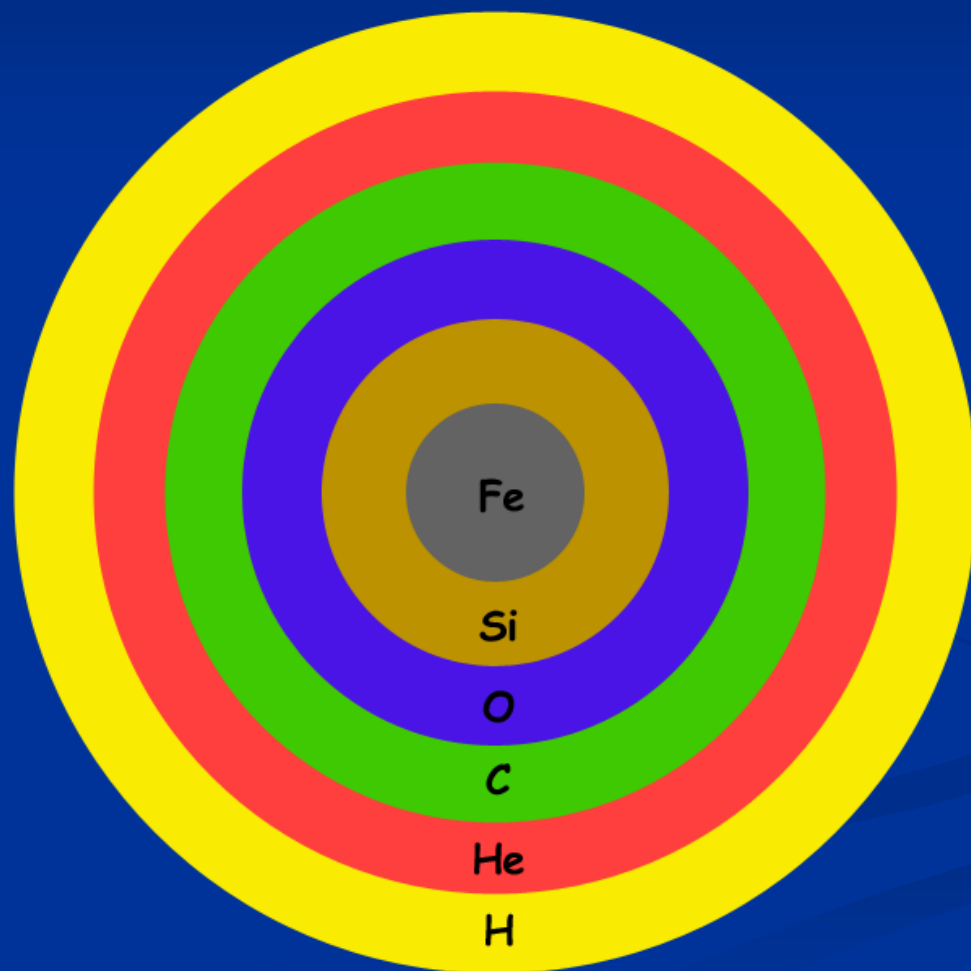
# Смерть массивных звезд



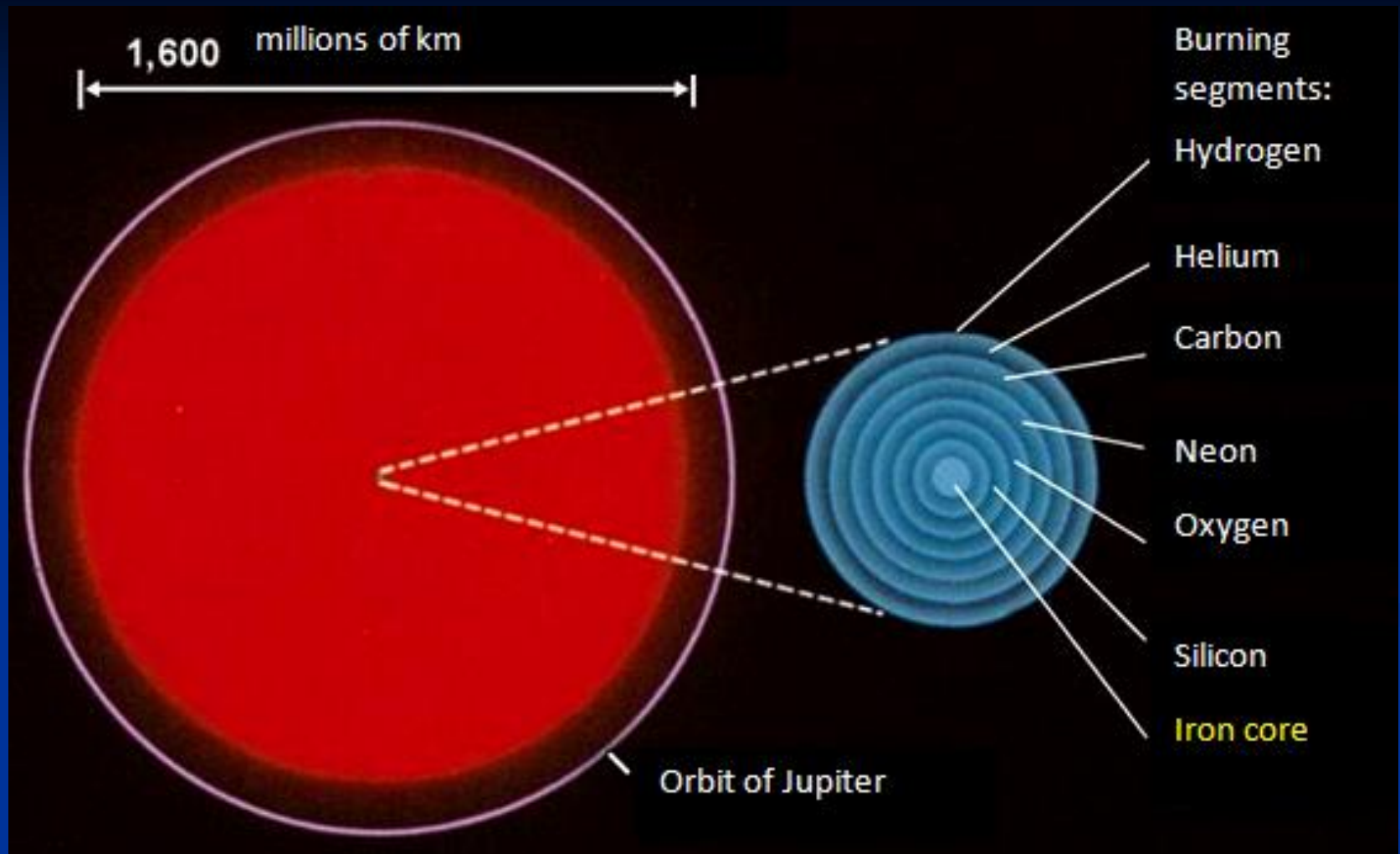
**М1: Крабовидная туманность в созвездии Тельца. Является остатком сверхновой, наблюдаемой в 1054 году нашей эры.**



Звезда готова взорваться как  
сверхновая. Ее внутреннее строение.







Характеристики звезды, готовой  
взорваться как сверхновая



# Эволюция звезд в 20 солнечных масс:

- 10 миллионов лет слияния водорода в гелий внутри его ядра (главная последовательность)
- 1 миллион лет – горения гелия
- 300 лет – горения углерода
- 200 дней – горения кислорода
- 2 дня – сжигание кремния: после этого взрыв сверхновой неминуем.



# Сверхновая 1987А

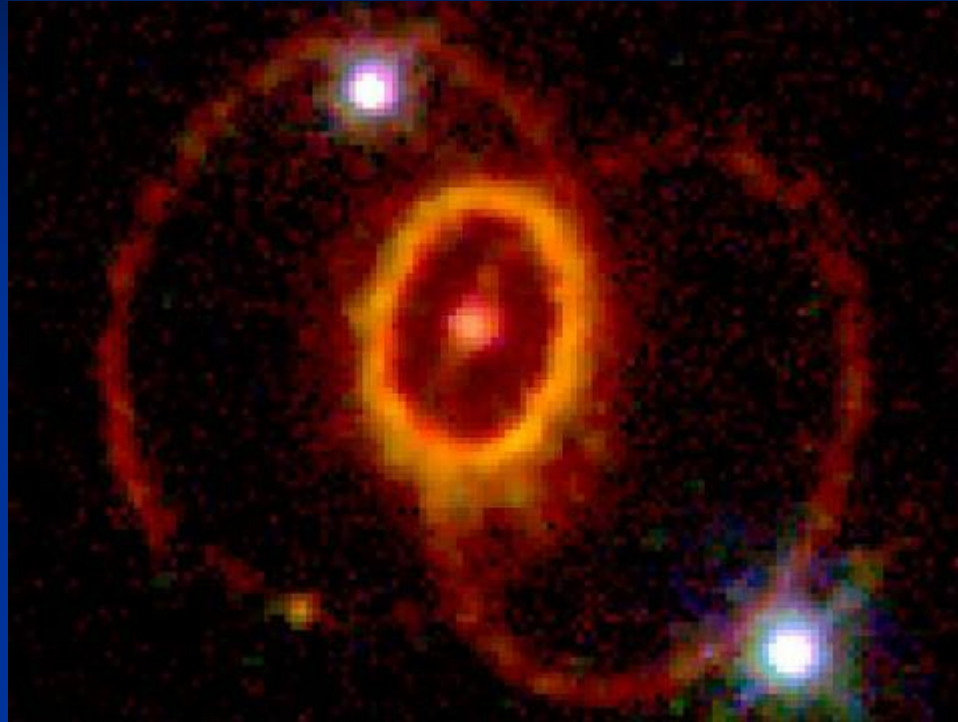


© Anglo-Australian Observatory

Сверхновая 1987А наблюдалась в 1987 году в Большом Магеллановом Облаке. Эта галактика находится на расстоянии 168 000 св.лет от нас. Свету нужно 168000 лет, чтобы достичь Земли.



# Сверхновая 1987А 10 лет спустя



Выбрасываемый после взрыва газ с большой скоростью удаляется от звезды.

Эта фотография SN 1987А была сделана космическим телескопом Хаббл в 1997 году.







Примеры сверхновых в удаленной галактике. В среднем в каждой галактике за столетие образуется одна сверхновая.

В Млечном Пути за последние 400 лет не было обнаружено никаких сверхновых.



# Упражнение 5: моделирование взрыва сверхновой

Когда звезда взрывается как сверхновая, легкие атомы внешних слоев падают на внутренние слои с более тяжелыми атомами. Затем они отскакивают от твердого ядра.

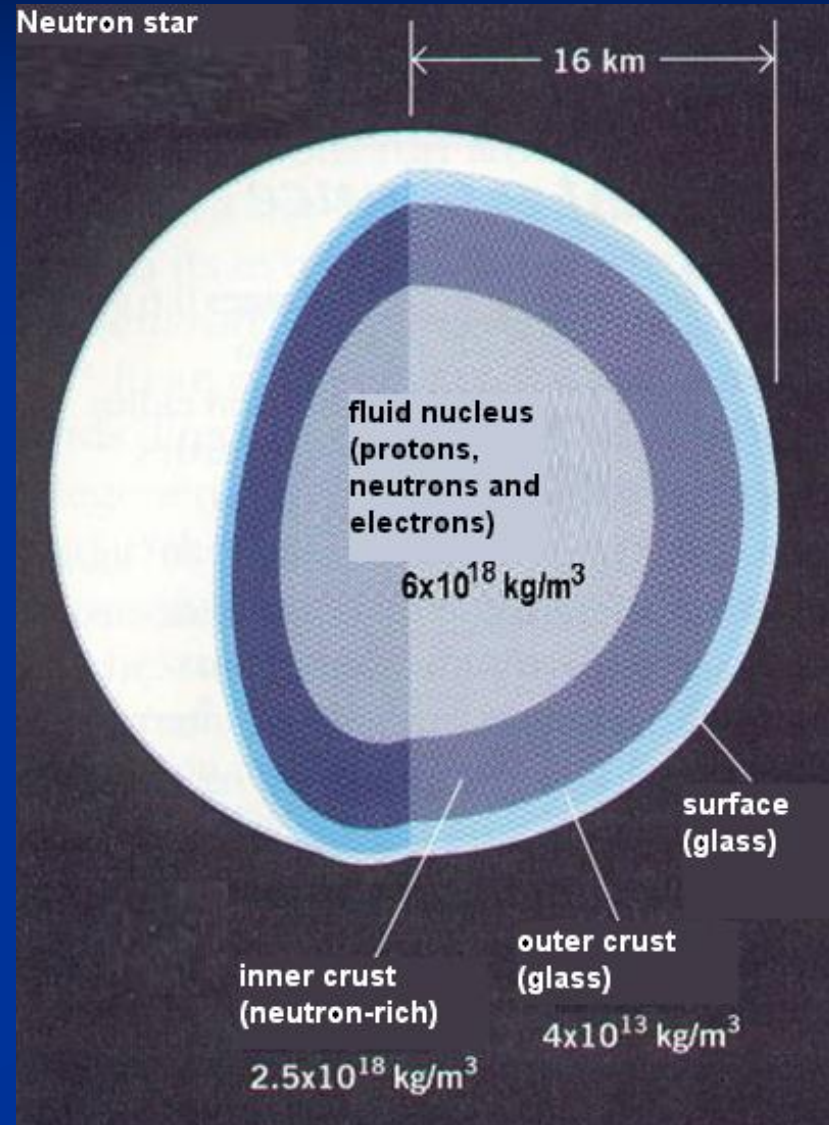


В этой модели пол представляет собой твердое ядро нейтронной звезды. Баскетбольный мяч был бы тяжелым прыгающим атомом, который толкает легкий атом, который находится сверху, представленный теннисным мячом.



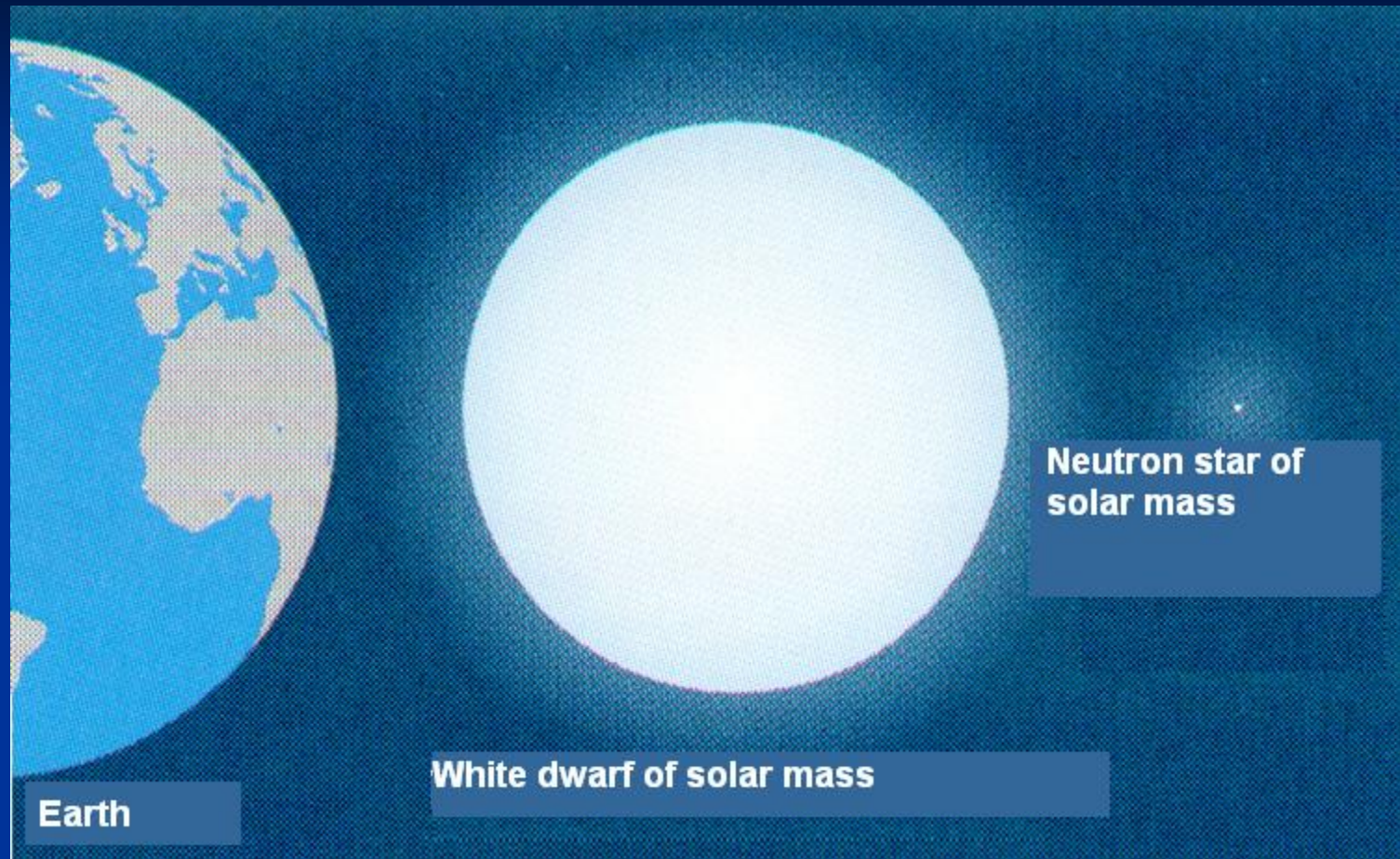
# Нейтронные звезды

Другая форма  
конечной  
стадии  
ЭВОЛЮЦИИ  
ЗВЕЗДЫ —  
нейтронные  
звезды или  
пульсары





# Нейтронные звезды

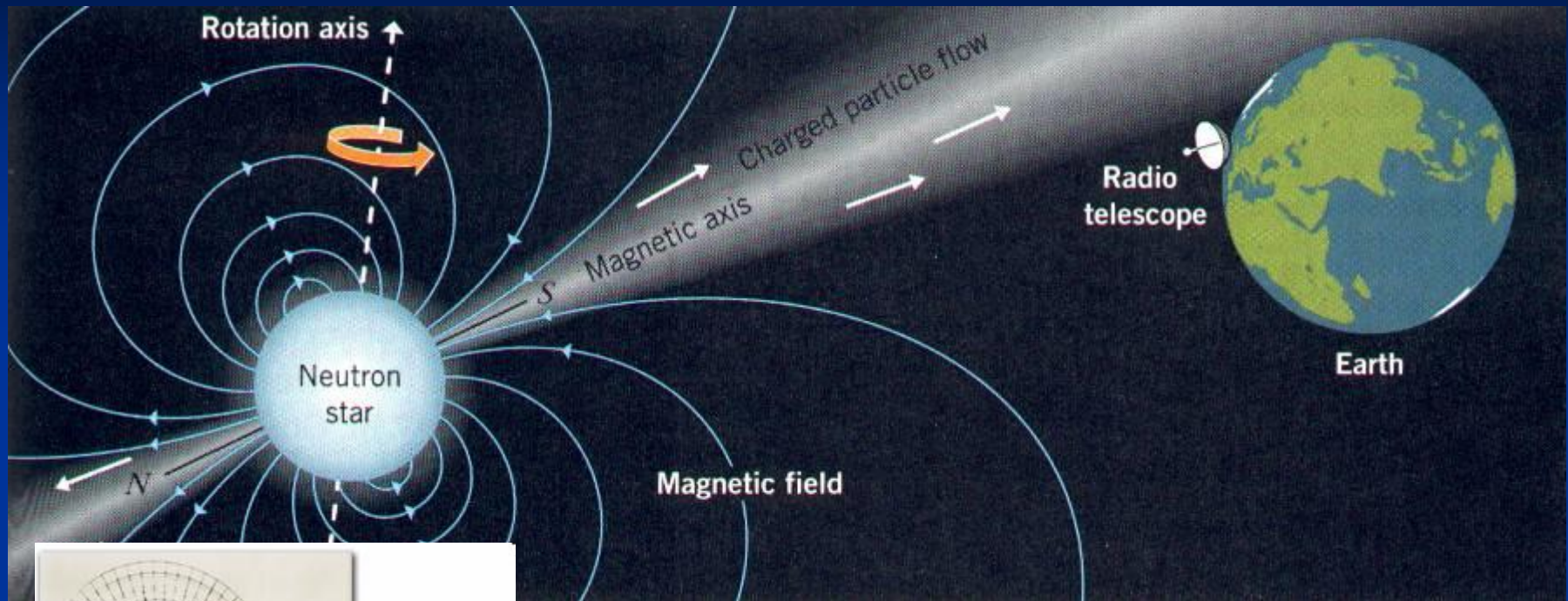


Сравнение размеров Земли, белого карлика солнечной массы и нейтронной звезды солнечной массы





# Пульсары



Как излучение, испускаемое пульсаром, видно с Земли.

Джоселин Белл Бернелл,  
первооткрыватель пульсаров в  
1967 году.



# Упражнение 6: моделирование пульсара

Пульсар - это нейтронная звезда, очень массивная и быстро вращающаяся.

Он излучает, но источник не полностью выровнен с осью вращения, так что излучение вращается как маяк.

Если луч направлен в сторону Земли, мы видим переменное излучение, которое повторяется несколько раз в секунду.



Монтаж



Вращение



# 3-я форма конечной стадии эволюции звезд: черные дыры

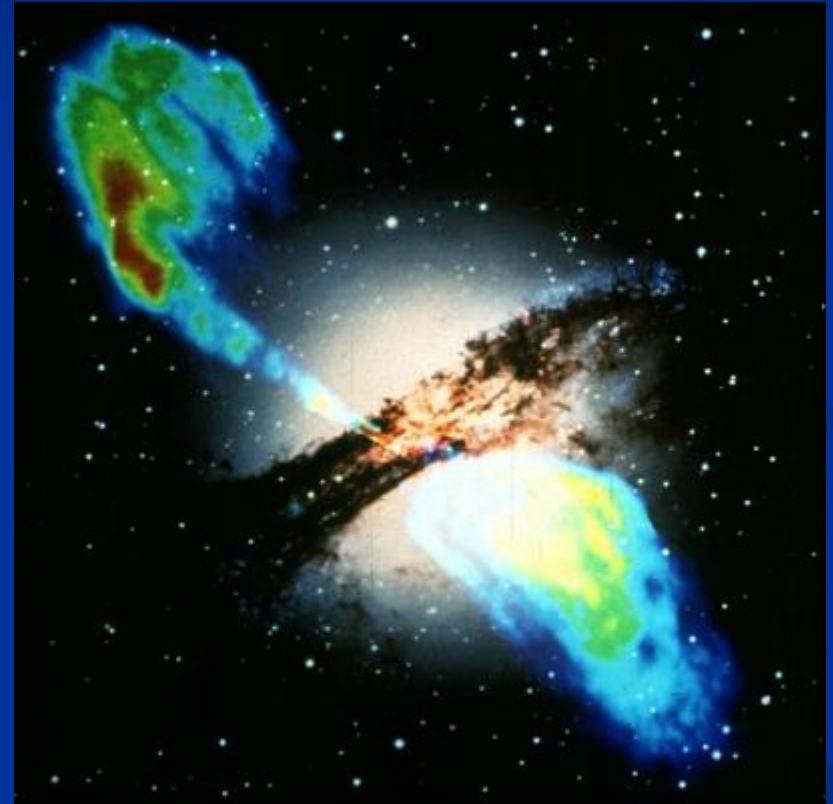
Джон Митчелл и Саймон Лаплас предложили возможность гравитационного коллапса сверхмассивных объектов в конце их жизни.

Впоследствии эти объекты были названы черными дырами, т.к. они невидимы в оптическом диапазоне. Их гравитационная сила настолько велика, что ничто не может вырваться из них, даже свет.





# Звездная Эволюция: Черные Дыры



В центрах галактик находятся  
сверхмассивные черные дыры



# Упражнение 7: моделирование кривизны пространства и черной дыры

Можно смоделировать кривизну пространства, созданного черной дырой, используя кусок эластичной ткани (лайкра) и шар с водой.



Путь теннисного мяча лежит не по прямой, а по кривой.

# Упражнение 7: моделирование кривизны пространства и черной дыры

Также можно использовать эластичную сетку, продаваемую в аптеках.

Если мы ослабим эластичную сеть, то впадина станет больше и она будет имитировать черную дыру.





**Большое спасибо за  
внимание!**