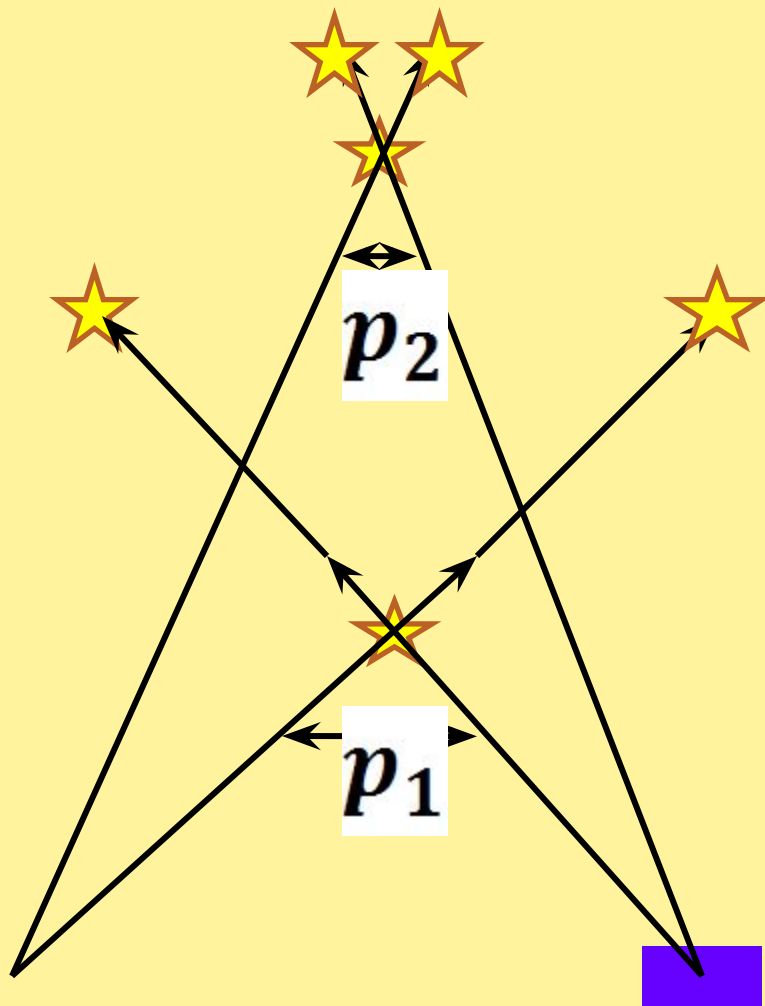


**Основные**  
**характеристики**  
**звезд**

# Расстояния до звезд



Для сравнительно  
близких звезд расстояние  
определяется методом  
параллакса. Он известен  
более 2 тыс. лет, а к  
звездам его стали  
применять 160 лет назад.



**Вывод** : Чем больше расстояние до звезды, тем меньше его параллактическое смещение. Зная параллактическое смещение можно определить расстояние до звезд.

Вы едете в поезде и смотрите в окно... Мелькают столбы, стоящие вдоль рельсов. Медленнее убегают назад постройки, расположенные в нескольких десятках метров от железнодорожного полотна. И уже совсем медленно, нехотя отстают от поезда домики, рощи, которые вы видите вдаль, где-то у горизонта...

Почему это так происходит? На этот вопрос дает ответ . В то время как направление на 1 звезду при перемещении наблюдателя из первого положения во второе изменяется на большой угол  $p_1$ , направление на 2 звезду изменится на значительно меньший угол  $p_2$ .

А из этого следует, что величиной углового смещения предмета, которое называют **параллактическим смещением**, можно характеризовать расстояние до предмета - чем больше расстояние, тем меньше смещение.

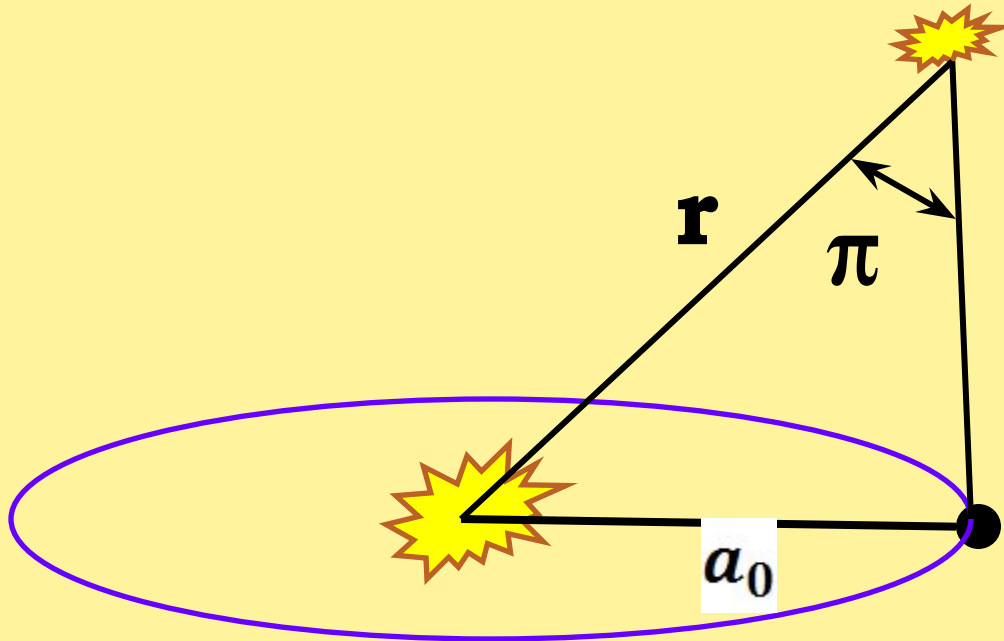
**Поэтому далекие звезды при наблюдении**

**с Земли, движущейся вокруг Солнца, практически остаются на своем месте, смещаются только близко расположенные звезды.**

Для определения расстояний до звезд определяют малые угловые смещения звезд при их наблюдении с разных точек земной орбиты, то есть разное время года.



Угол, под которым со звезды виден радиус земной орбиты, называется параллаксом.



$a_0 = 1$  а.е.( астрономическая единица ) = 150000000 км.

$$r = \frac{a_0}{\sin \pi} = \frac{a_0}{\pi(\text{рад})}$$

Параллаксы звезд очень малы, они измеряются ни в радианах, ни в градусах, а в секундах.

$$\pi(\text{рад}) = \frac{\pi(\text{с})}{206265}$$

$$r = \frac{a_0}{\pi(\text{рад})} = \frac{a_0 \cdot 206265}{\pi(\text{с})}$$

$$\begin{aligned} 1\text{пк}(\text{парсек}) &= 206265a_0 \\ &= 3 \cdot 10^{13} \text{км.} \end{aligned}$$

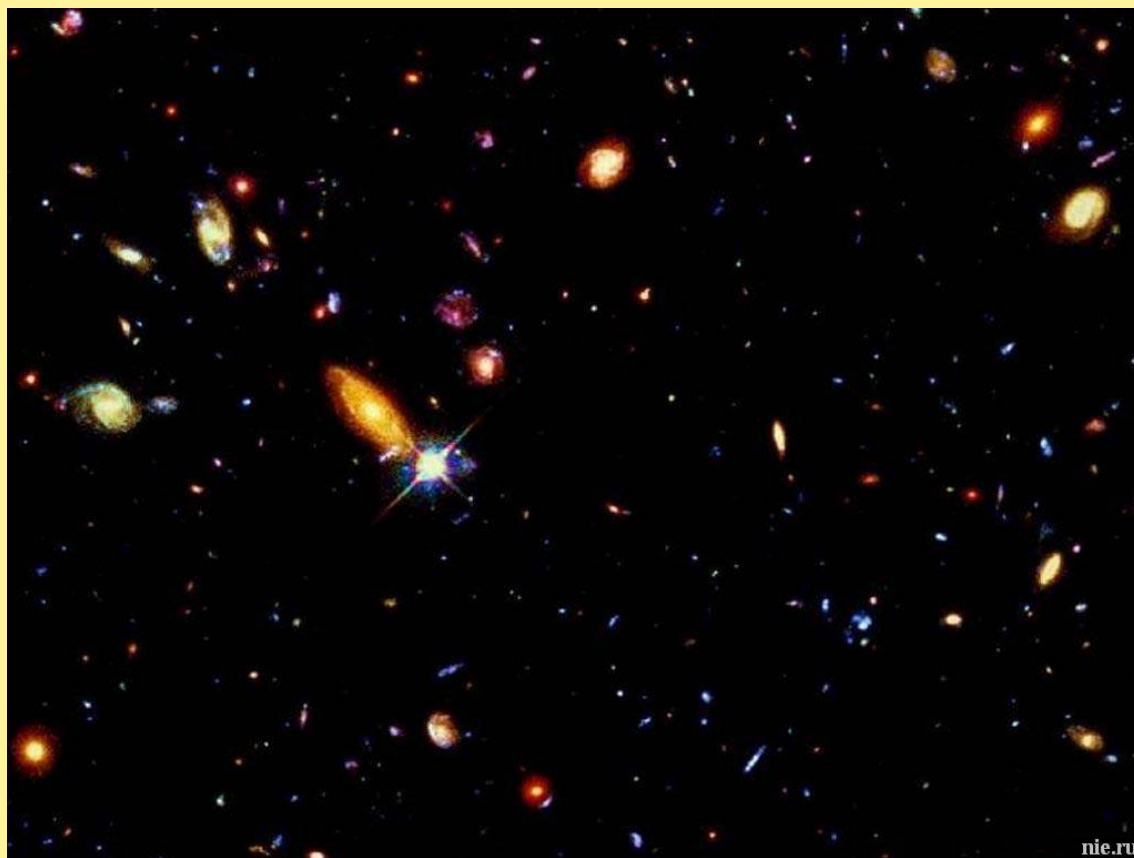
$$1(\text{пк}) = \frac{1\text{пк}}{\pi(\text{с})}$$

Расстояние от Солнца до ближайшей звезды (Проксима Центавра) составляет примерно 1,3 парсека;

- Расстояние от Солнца до центра нашей Галактики — около 8 кпк;
- Диаметр нашей Галактики приблизительно 30 кпк;
- Расстояние до туманности Андромеды 0,77 Мпк;
- Ближайшее крупное скопление галактик, скопление Девы, находится на расстоянии 18 Мпк;
- До горизонта наблюдаемой Вселенной — около 4 Гпк.
- Расстояние в 10 пк луч света преодолевает за 32 года, 7 месяцев и 6 дней. 1 пк — за 3,26 года (для сравнения — от Солнца до Земли луч света преодолевает примерно за 8,31 минуты)



**Метод параллакса является на данный момент наиболее точным способом определения расстояний до звезд, однако он не применим к звездам, отстоящим от нас на расстояние больше, чем 300 пк. Слишком малые смещения положения звезд надо измерять – меньше одной сотой доли секунды дуги!**



# *Температура звезд*

# Температура звезд определяется с помощью закона Вина :

Закон Вина : Длина волны , на которую приходится максимум излучения нагретого тела , обратно пропорциональна абсолютной температуре.

$$\lambda_{max} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{T}$$

Солнце является желтой звездой , для него  $\lambda_{max} = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

$$T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{4,8 \cdot 10^{-7}} = 6000 \text{ К}$$

**СВЕТИМОСТЬ**

**ЗВЕЗД**

Как и Солнце, звезды освещают Землю, но из-за огромного расстояния до Земли, освещенность, которую они создают на Земле, на много порядков меньше солнечной освещенности.

$$L = E \cdot S = E \cdot 4\pi r^2$$

$L$  - светимость звезды

$E$  - освещенность, которую создает звезда на поверхности Земли.

$r$  - расстояние от Земли до звезды.

Для Солнца :  $r = a_0 = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$

$$E = 1,37 \cdot 10^3 \text{ м} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$\begin{aligned} L &= 1,37 \cdot 10^3 \text{ м} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot 4 \\ &\cdot 3,14 (1,5 \cdot 10^{11} \text{ м})^2 \\ &= 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт} \end{aligned}$$

До Земли доходит лишь одна двухсотмиллиардная доля энергии Солнца

# Массы звезд

**Массы всех звезд лежат в**  
**следующих пределах:**

$$0,05M_c \leq M \leq 100M_c$$

Массы звезд зависят от их светимости – чем больше свети – мость , тем больше масса звезды. Отсюда , сравнивая свети – мость звезды и Солнца можно получить следующую формулу :

$$L_3 \approx L_c \frac{M_3^4}{M_c^4}$$

*Спектральная*  
*классификация*  
*звезд*



**Цвет звезды зависит от температуры , в зависимости от температуры и цвета все звезды разбили на 7 классов :**

**О , В , А , F , G , К , М**

**Класс О.** О высокой температуре звезд этого класса можно судить по большой интенсивности ультрафиолетовой области непрерывного спектра, вследствие чего свет этих звезд кажется голубоватым. Наиболее интенсивны линии ионизованного гелия и многократно ионизованных некоторых других элементов (углерода, кремния, азота, кислорода). Наблюдаются слабые линии нейтрального гелия и водорода. Температура звёзд 35 000 К.

**Класс В.** Линии нейтрального гелия достигают наибольшей интенсивности. Хорошо видны линии водорода и некоторых ионизованных элементов. Цвет голубовато- белый, температура 25 000 К. Типичная звезда –  $\alpha$  Девы (Спика).

**Класс А.** Линии водорода достигают наибольшей интенсивности. Хорошо видны линии ионизованного кальция, наблюдаются слабые линии других металлов. Цвет звезд белый, температура 10 000 К. Типичные звезды:  $\alpha$  Лиры (Вега) и  $\alpha$  Большого Пса (Сириус).

**Класс F.** Линии водорода становятся слабее. Усиливаются линии ионизованных металлов (особенно кальция, железа, титана). Цвет слегка желтоватый, температура 7500 К. Типичная звезда –  $\alpha$  Малого Пса (Процион).

**Класс G.** Водородные линии не выделяются среди многочисленных линий металлов. Очень интенсивны линии ионизованного кальция. Цвет звезды желтый, температура 6000 К. Типичный пример – Солнце.

**Класс К.** Линии водорода не заметны среди очень интенсивных линий металлов. Фиолетовый конец непрерывного спектра заметно ослаблен, что свидетельствует о сильном уменьшении температуры по сравнению с ранними классами (О, В, А). Цвет звезды красноватый, как, например, у  $\alpha$  Волопаса (Арктур) и  $\alpha$  Тельца (Альдебаран). Температура 4000 К.

**Класс М.** Красные звезды. Линии металлов ослабевают. Спектр пересечен полосами поглощения молекул окиси титана и других молекулярных соединений. Цвет звёзд красный, температура 3000 К. Типичная звезда –  $\alpha$  Ориона (Бетельгейзе).

Среди звезд встречаются гиганты и карлики. Самые большие среди них - красные гиганты, которые, несмотря на свое слабое излучение с квадратного метра поверхности, светят в 50000 раз мощнее Солнца. Самые крупные гиганты в 2400 раз больше Солнца. Внутри у них могла бы разместиться наша Солнечная система вплоть до орбиты Сатурна. Но существует множество звезд карликов. Это в основном красные карлики с диаметром в половину и даже в одну пятую диаметра нашего Солнца. Солнце по своему размеру является средней звездой, таких звезд в нашей галактике миллиарды. Особое место занимают среди звезд белые карлики.

# Источники энергии звезд

## *Что питает звезды?*

За счет чего звезды расходуют такие чудовищные количества энергии? В разное время выдвигались разные гипотезы. Так, было мнение, что энергия Солнца поддерживается падением на него метеоритов. Но их должно было бы сыпаться на Солнце значительно много, что заметно увеличивало бы его массу. Энергия Солнца могла бы пополняться за счет его сжатия. Однако, если бы Солнце было некогда бесконечно большим, то и в этом случае его сжатия до современного размера хватило бы на поддержание энергии всего лишь в течение 20 миллионов лет. Между тем доказано, что земная кора существует и освещается Солнцем гораздо дольше.

Наконец, физика атомного ядра указала источник звездной энергии, хорошо согласующийся с данными астрофизики и, в частности, с выводом о том, что большую часть массы звезды составляет водород.

Теория ядерных реакций привела к выводу, что источником энергии в большинстве звезд, в том числе и в Солнце, является непрерывное образование атомов гелия из атомов водорода.

Когда весь водород превратится в гелий, звезда может еще существовать за счет превращения гелия в более тяжелые элементы, вплоть до железа.

# Время жизни Солнца

На Солнце в результате термоядерной реакции из 1кг. водорода образуется 0,99 кг. гелия:

$$\Delta m = 0,01 \text{ кг}$$

При этом выделяется энергия :

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 9 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$$

Рассчитаем энергию , которая выделится при полном сгорании водорода на Солнце:

$$\begin{aligned} E &= \Delta E M_c = 9 \cdot 10^{14} \cdot 2 \cdot 10^{30} \\ &= 1,8 \cdot 10^{45} \text{ Дж} \end{aligned}$$

Рассчитаем время жизни Солнца:

$$t = \frac{E}{L} = \frac{1,8 \cdot 10^{45}}{4 \cdot 10^{26}} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ лет}$$

# Скорости звезд

Определение скорости звезд и направления их движения

Эффект Доплера:  
$$\Delta\lambda/\lambda_0 = V/C$$

Линии в спектре звезды,  
приближающейся к наблюдателю,  
смещены к фиолетовому концу спектра

