

# Урок 22

## Тема: Расстояние до звезд

Капелла, 42,2 св.лет

Нат, 131 св.лет

Бетельгейзе, 427,5 св.лет

Беллатрикс, 243,0 св.лет

Альдебаран, 65,1 св.лет

Саиф, 721,6 св.лет

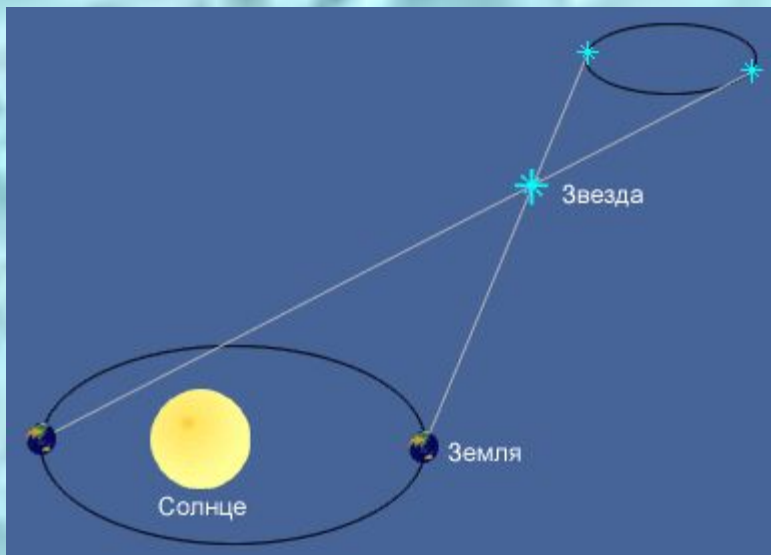
Ригель, 772,9 св.лет

Вечернее звездное небо. Появляется молодой месяц, апрель 2006г.

# Абerrация



Млечный путь в районе Южного Креста.



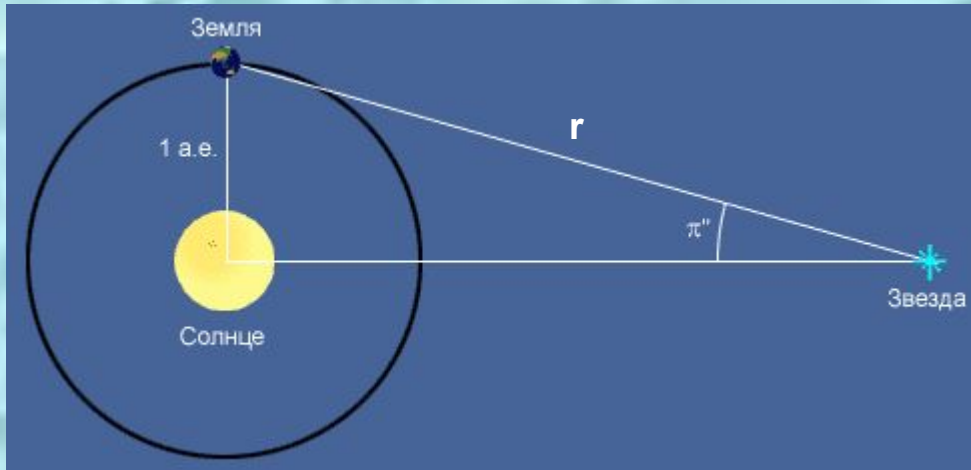
В 1610г **Г. Галилей**, разглядев в Млечном Пути множество звезд, говорит, что они находятся на разном расстоянии от Земли.

В 1727г **Дж. Брайлей** (1693-1762, Англия), производя измерения координат  $\gamma$  Дракона с 14 декабря 1725г по 14 декабря 1726г определяет, что звезда описала эллипс с большой полуосью 20,4". Еще в течение года проверил на других звездах  $\square$  вывод тот же,  $\square$  **все звезды в течение года описывают на небе эллипсы**, - что доказывает **годовое движение Земли вокруг Солнца** [открыл **абerrацию**, 1726г].

Это была первая в мире попытка определения параллакса звезды и впервые в качестве базиса использовал **R** земной орбиты = 146,9 млн.км = **1 а.е.**

При этом приходится измерять ничтожно малые смещения звезд при их наблюдении с разных точек земной орбиты, т.е в разное время года.

# Параллакс



Для определения расстояния до сравнительно близких звезд применяется **метод параллаксов** (ближе 300пк), известный более 2000 лет назад, а впервые успешно применен в 1837г.



Впервые параллакс звезды был измерен к 8 февраля 1837г русским астрономом **Василий Яковлевич Струве (1793-1864)**. Это была **Вега (α Лиры)**.

После 17 измерений он определил ее параллакс в 0,125".

Из  $\Delta$  видно, что  **$r = a/\sin\pi$**

Так как для звезд угол  $\pi$  очень мал ( $< 1''$ ), то переходим к радианной мере, учитывая что **1 рад = 206265"**,

тогда  **$r = 206265'' a/\pi = 206265''/\pi$**  а.е.

**Расстояние до звезды, которое соответствует параллаксу = 1'' называют парсеком, тогда  $r = 1/\pi$ .**

# Единицы расстояния

$$r = \frac{206\,265''}{\pi} \text{ а.е.}$$

Расстояние до звезд можно определить как в километрах и астрономических единицах, так и в парсеках и световых годах.

Из формулы видно, что:

$$1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} \approx 3,08 \cdot 10^{13} \text{ км}$$

$$1 \text{ св.год} = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} \approx 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км}$$

$$\text{тогда } 1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св.год}$$

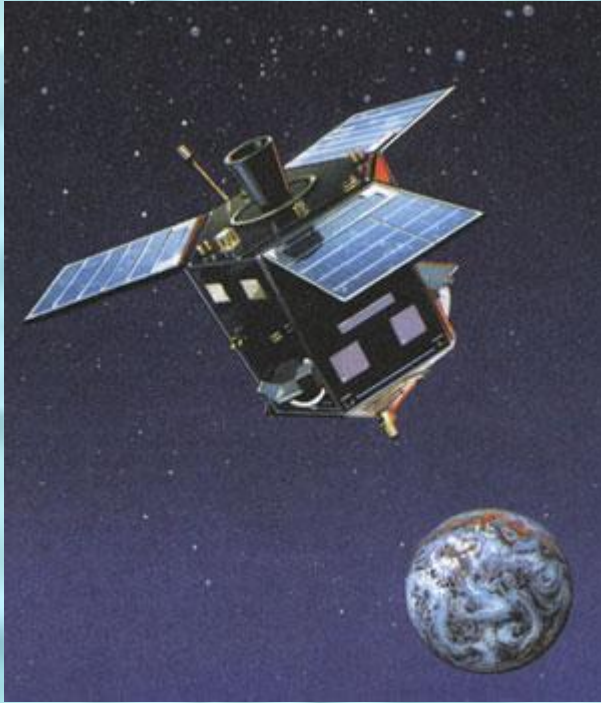
$$1 \text{ кпк (килопарсек)} = 10^3 \text{ пк} \quad 1 \text{ Мпк (мегапарсек)} = 10^6 \text{ пк}$$

Параллакс даже самых близких звезд меньше  $1''$ , то есть нет звезд к нам ближе 1 парсека.

Расстояние до ближайших к нам звезд:

|                              |            |                |            |
|------------------------------|------------|----------------|------------|
| Солнце                       | 8,3 св.мин | Сириус А       | 8,58 св.г  |
| Проксима Центавра            | 4,22 св.г  | Сириус В       | 8,58 св.г  |
| Толиман $\alpha$ -Центавра А | 4,36 св.г  | Лейтен 726-8 А | 8,72 св.г  |
| $\alpha$ -Центавра В         | 4,36 св.г  | Лейтен 726-8 В | 8,72 св.г  |
| Звезда Бернарда              | 5,96 св.г  | Росс 154       | 9,68 св.г  |
| Вольф 359                    | 7,78 св.г  | Росс 248       | 10,32 св.г |
| Лаланд 21185                 | 8,29 св.г  |                |            |

# Определение параллаксов КА



Астрономический спутник «**Гиппарх**» (HIPPARCOS, ЕКА), запуск 8.08.1989г. На борту имел 29 см рефлектор с фокусным расстоянием 140 см. КА работая на орбите 37 месяцев. Для обзора всего неба аппарат вращался вокруг своей оси с периодом  $2^{\text{h}} 05^{\text{m}}$ , а ось вращения имела прецессионное движение с периодом 57 суток и амплитудой  $43^{\circ}$ . До 1993г с точностью до  $0,001''$  определил параллаксы 118 218 звезд до  $12,4^{\text{m}}$ , находящихся от нас на расстоянии до 1000 пк.

По результатам его работы напечатан в июле 1997 году каталог **Hipparcos** (Перриман и др., 1997) являющимся одним из наиболее точных [на уровне 1 mas (milli arc second)], массовых каталогов положений, собственных движений и параллаксов 118 218 звезд. Кроме того составлен каталог **Tycho**, содержащий уже 1 058 332 звезд, с точностью измерения тех же параметров до 25 mas.

**Gaia** — космический телескоп Европейского космического агентства, преемник проекта Hipparcos. Предположительно будет выведен на орбиту в 2011г. Главная задача телескопа — составить подробную карту распределения звёзд нашей Галактики.

# Звездная величина - блеск



**Гиппарх Родосский** (190-125г, Др.Греция) в 134г до НЭ впервые ввел понятие звездной величины [magnitude - величина (лат), обозначается **m**]. Считая, что чем ярче звёзды, тем они имеют больший размер. Берёт Вега ( $\alpha$  Лиры) за  $1^m$ , а еле видимые за  $6^m$ .

К 125г до НЭ составил звёздный каталог из 1008 звёзд 48 созвездий.

Невооруженным глазом на небе можно насчитать около 6000 звезд.

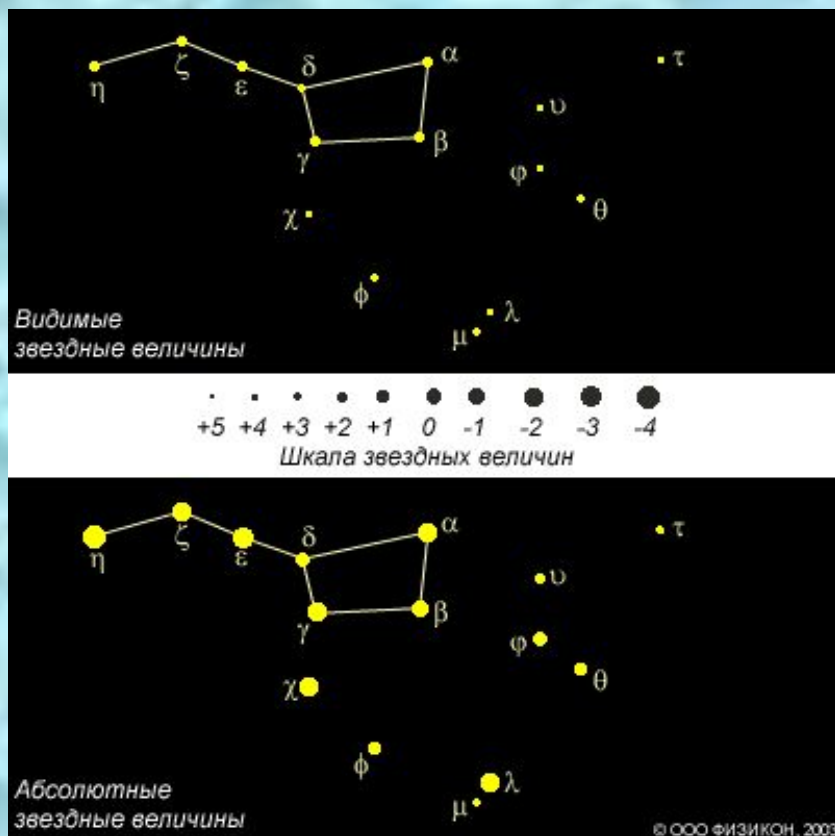
С помощью телескопов – миллиарды звезд.

В 1603г **Иоганн БАЙЕР** (1572-1625, Германия) впервые обозначает звезды буквами греческого алфавита в порядке убывания их блеска.

Позже установили, что звездная величина характеризуется не размерами, а **БЛЕСКОМ** (яркость) - освещенность, создаваемая звездой на Земле. Шкалу Гиппарха сохранили.

Причем выяснилось, что звезды  $1^m$  в 100 раз ярче звезды  $6^m$ .

Обозначив  $X$  - разность в блеске на одну звездную величину, тогда  $X^{6-1}=100 \rightarrow X^5=100$ , отсюда  **$\lg X=0,4$** , или  **$X=2,512$** .



# Визуальный способ



На окраинах ММО, молодое звездное скопление NGC 602. Фото телескопа Хаббл

через блеск (яркость) звезд и звездные величины.

Пусть 1-я звезда имеет  $m_1$  и  $I_1$ , а 2-я звезда  $m_2$ ,  $I_2$ . Тогда, как установил в 1856г Н.Р. Погсон (1829-1891, Англия)

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}$$

Блеск звезд и звездная величина бывает разная, даже отрицательная. Так самая яркая звезда неба Сириус имеет  $m = -1,46^m$ , Солнце  $m = -26,58^m$

Но видимая звездная величина ничего не говорит о светимости звезд находящихся на разном расстоянии от нас. Для характеристики светимости (мощности излучения) применяют понятие **абсолютной звездной величины (M) - видимой звездной величины звезды с расстояния в 10 пк.**

Так наше Солнце имея  $m = -26,58^m$ , с 10 пк выглядело бы как звезда  $M = 4,84^m$ .

Тогда формула Погсона примет вид  $I/I_0 = 2,512^{M-m}$

Т.к. освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния  $I/I_0 = r_0^2/r^2$   
то получим  $10^2/r^2 = 2,512^{M-m}$ , или логарифмируя получим:

$$M = m + 5 - 5 \cdot \lg R$$