

---

*Расстояния до небесных  
объектов*

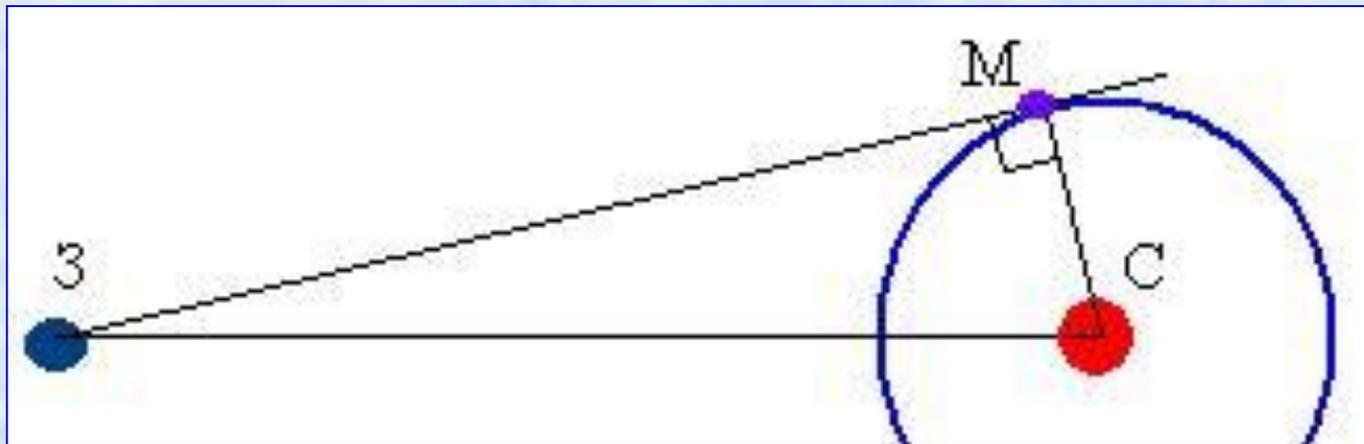
# Способы определения расстояний в Солнечной системе

**1-й способ:** (приближенный) По третьему закону Кеплера можно определить удаленность планеты от Солнца, зная периоды обращений и одно из расстояний.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow a_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1^2 \cdot a_2^3}{T_2^2}}$$

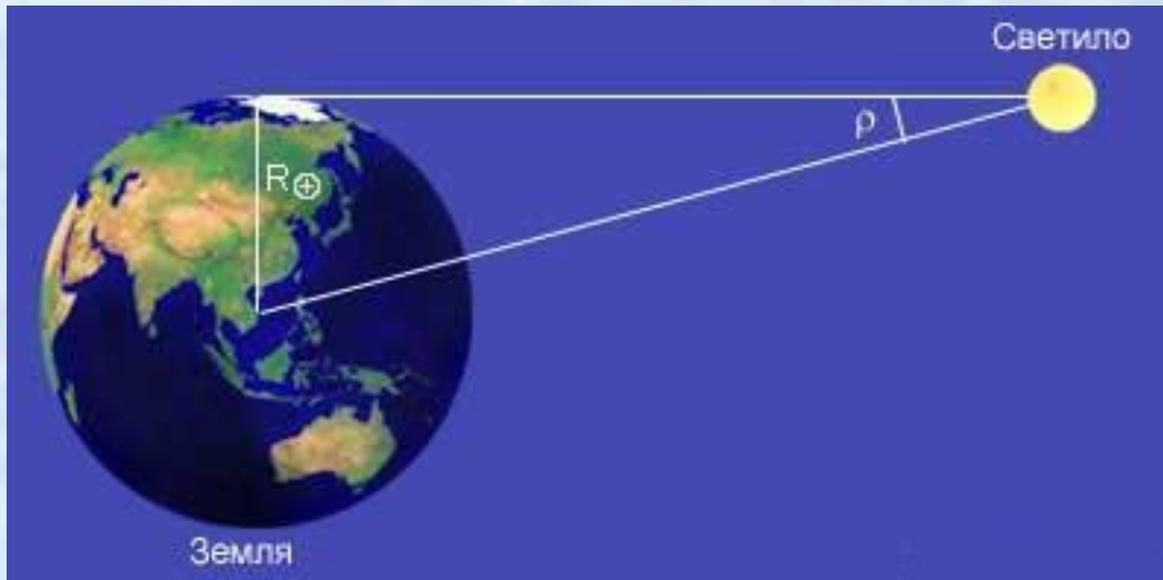
**2-й способ:** Определение расстояний до Меркурия и Венеры в моменты элонгации (из прямоугольного треугольника по углу элонгации).

**Элонгация** — одна из **конфигураций планет**: положение планеты, при котором её угловое расстояние от Солнца максимально



### 3-й способ: Геометрический (параллактический).

*Параллакс- угол, под которым из недоступного места виден базис* (известный отрезок). В пределах СС за базис берут экваториальный радиус Земли  $R=6378\text{км}$ .



Из прямоугольного треугольника гипотенуза (расстояние  $D$ ) равно:

$$D = \frac{R_{\oplus}}{\sin \rho}$$

При малом значении угла, выраженном в радианной мере, учитывая что  $1\text{рад} = 57,3^0 = 3438' = 206265''$ , получим

Луны  $P_l = 57'02''$ , Солнца  $P_{\odot} = 8,794''$

$$D = \frac{206\ 265''}{\rho} R_{\oplus}$$

## 4-й способ: радиолокационный

Предложена советскими физиками  
Л.И. Мандельштам и Н.Д. Папалекси

Основная идея:

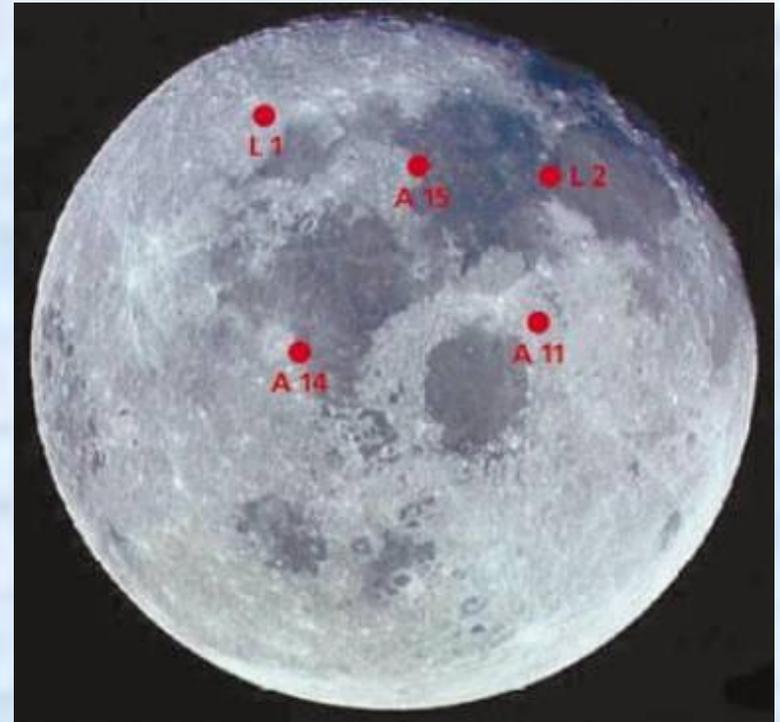
импульс → объект → отраженный сигнал → время

$$R = \frac{ct}{2}$$

$$V_{\text{ЭМВ}} = C = 299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

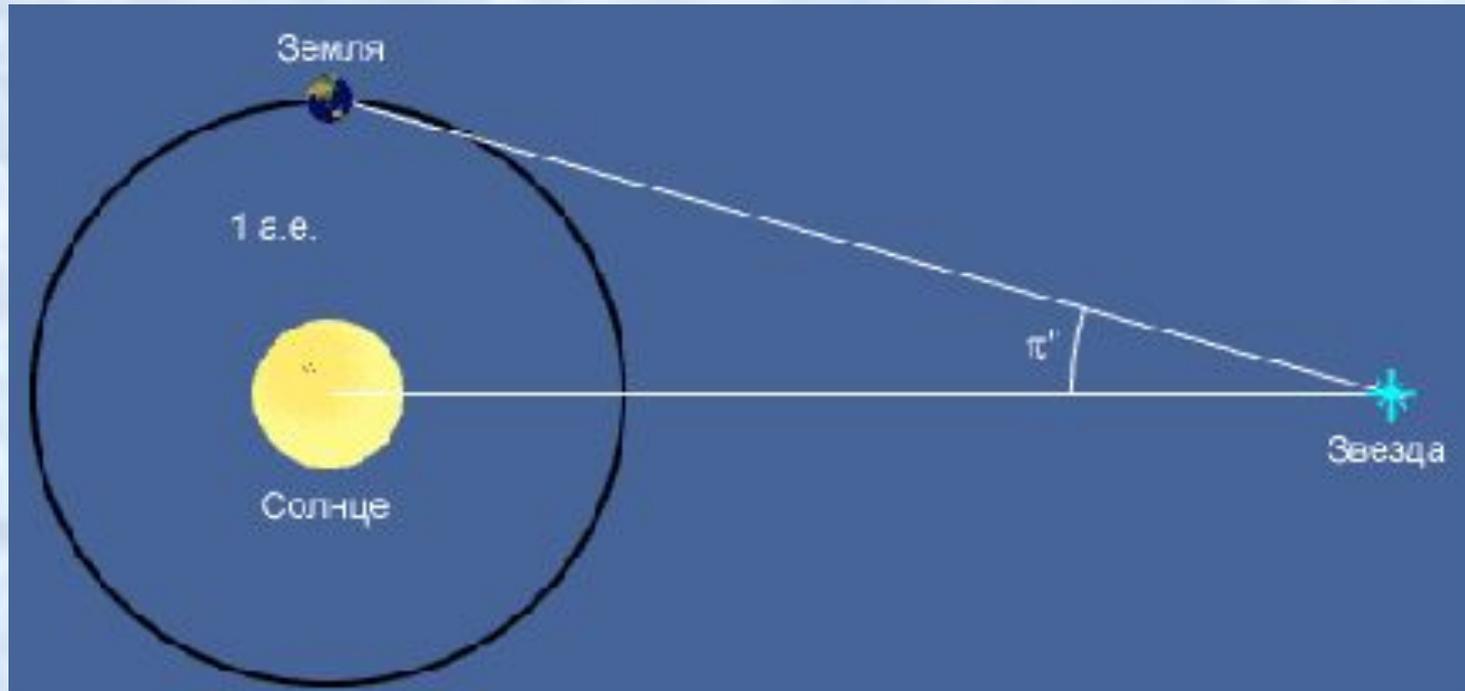
В 1946 г первая радиолокация Луны.  
В 1957-1963 гг — радиолокация Солнца,  
Меркурия (с 1962 г), Венеры (с 1961 г),  
Марса и Юпитера (с 1964 г), Сатурна (с 1973  
г) в Великобритании, СССР и США.

Более точная лазерная локация проводится с 1969 г



Расположение лазерных уголкового отражателей на Луне. Все, за исключением отражателя Лунохода-1 (L1), работают и сейчас

Для сравнительно близких звезд, удаленных на расстояние, не превышающие нескольких десятков парсек, расстояние определяется методом параллакса. Он известен более 2 тыс. лет, а к звездам его стали применять 160 лет назад.



При этом измеряют ничтожно малые угловые смещения звезд при их наблюдении с разных точек земной орбиты, то есть разное время года.



---

Параллаксы даже самых близких звезд меньше 1". С понятием параллакса связано название одной из основных единиц в астрономии – *парсек*. Парсек – это расстояние до воображаемой звезды, годичный параллакс которой равен одной секунде (1"):

$$R=1/p$$

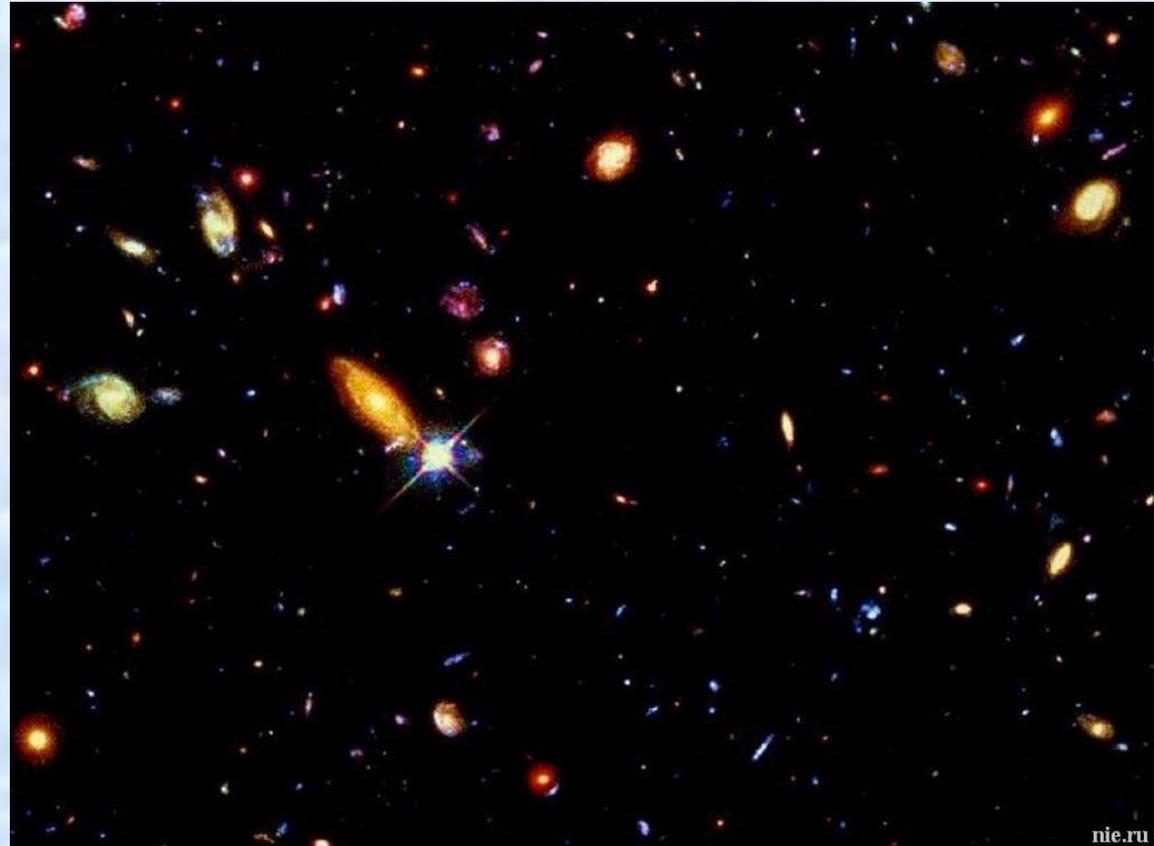
где  $R$  – расстояние в парсеках,

$p$  – годичный параллакс в секундах.

*1 парсек = 3,26 светового года =*

*= 206 265 астрономических единиц =  $3,083 \cdot 10^{15}$  м.*

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!



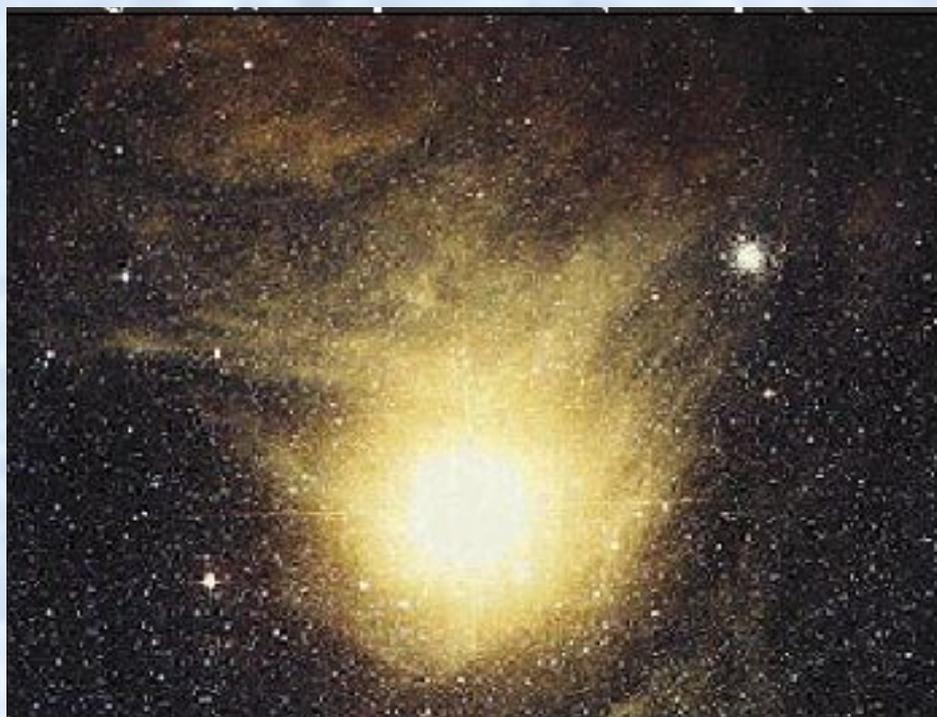
---

Расстояние до звезд можно оценить методом *спектрального параллакса*. График зависимости отношения интенсивности определенных пар спектральных линий от абсолютной звездной величины звезд строится по интенсивности линий в спектрах тех звезд, расстояние до которых надежно определено. Поэтому по спектральным линиям можно оценить светимость звезды, а затем найти расстояние до нее.



Поскольку параллакс всегда меньше 1", то  
расстояние до звезды

$$r = \frac{206\,265''}{\pi} \text{ a.e.}$$



**Сверхгигант в  
созвездии Скорпиона -  
Антарес**

**В созвездии Центавр находится третья по блеску звезда неба после Сириуса и Канопсы – Альфа Центавра или Толиман. Альфа Центавра является тройной звездой. Главная звезда похожа на Солнце, имеет тот же спектральный класс G2 и примерно такую же светимость, что и Солнце. На расстоянии 17,7" расположена вторая звезда красноватого цвета. Это красный карлик, который по светимости втрое меньше нашего Солнца. Период обращения этой пары звезд примерно 80 лет. Рядом с ними обращается еще один красный карлик, светимость которого в 20 000 раз меньше, чем нашего Солнца. Это и есть ближайшая к нашему Солнцу звезда – Проксима Центавра («Близкая»).**

**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. При этом необходимо измерять слишком малые смещения положения звезд – меньше одной сотой доли секунды дуги!**



Спутник «Гиппарх»  
определял расстояния до звезд  
с высокой точностью