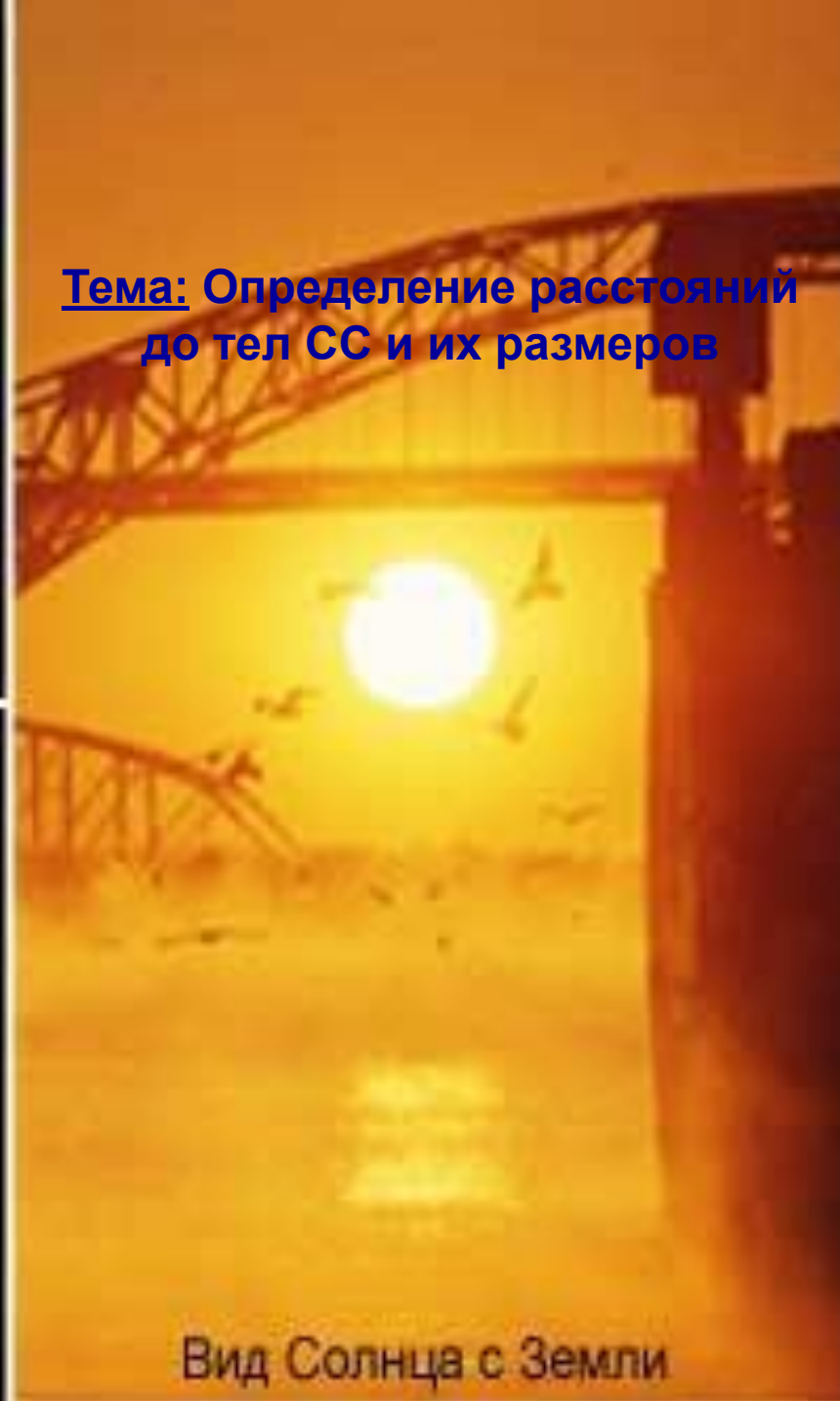




С Меркурия

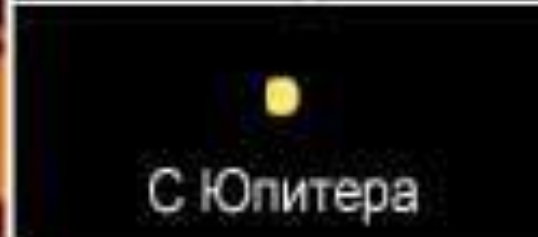


Тема: Определение расстояний до тел СС и их размеров

Вид Солнца с Земли



С Марса



С Юпитера



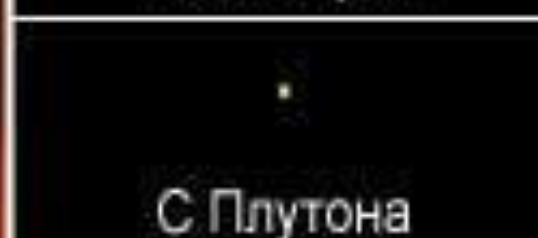
С Сатурна



С Урана



С Нептуна



С Плутона



С Венеры

# Первые определения расстояний в СС

Впервые расстояния до небесных тел (Луны, Солнца, планет) оценивает Аристотель (384-322, Др. Греция) в 360г до НЭ в книге «О небе» → слишком не точно, например радиус Земли в 10000 км.



В 265г до НЭ Аристарх Самосский (310-230, Др. Греция) в работе «О величине и расстоянии Солнца и Луны» первым сравнил расстояния до Луны и Солнца. Так расстояния у него до Солнца (по фазе Луны в 1 четверти из прямоугольного треугольника, т. е. впервые использует базисный метод:  $3C = 3L / \cos 87^\circ \approx 19 * 3L$ ). Радиус Луны определил в  $7/19$  радиуса Земли, а Солнца в 6,3 радиусов Земли (на самом деле в 109 раз больше и угол не  $87^\circ$  а  $89^\circ 52'$  и поэтому Солнце дальше Луны в 400 раз).

В 125г до НЭ Гиппарх (180-125, Др. Греция) довольно точно определяет (в радиусах Земли) радиус Луны ( $3/11 R_\oplus$ ) и расстояние до Луны ( $59 R_\oplus$ ).

Довольно точно определил удалённость планет от Солнца к 1539г, приняв расстояние от Земли до Солнца за 1а.е., Николай Коперник (1473-1543, Польша) –первый астроном нашего времени.

# 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:** Геометрический (параллактический).

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



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

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

При малом значении угла, выраженном в радианной мере, учитывая что  $1 \text{ рад} = 57,3^{\circ} = 3438' = 206265''$ , получим **Луны  $P_{\text{л}} = 57'02''$** , **Солнца  $P_{\text{с}} = 8,794''$**

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

### 3-й способ: радиолокационный

импульс → объект → отраженный сигнал → время

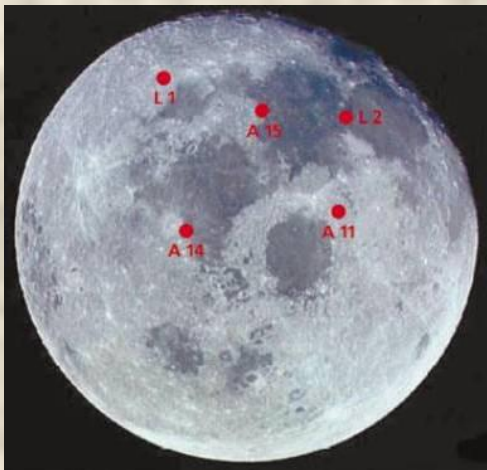
$$R = \frac{ct}{2} \quad V_{\text{ЭМВ}} = C = 299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

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

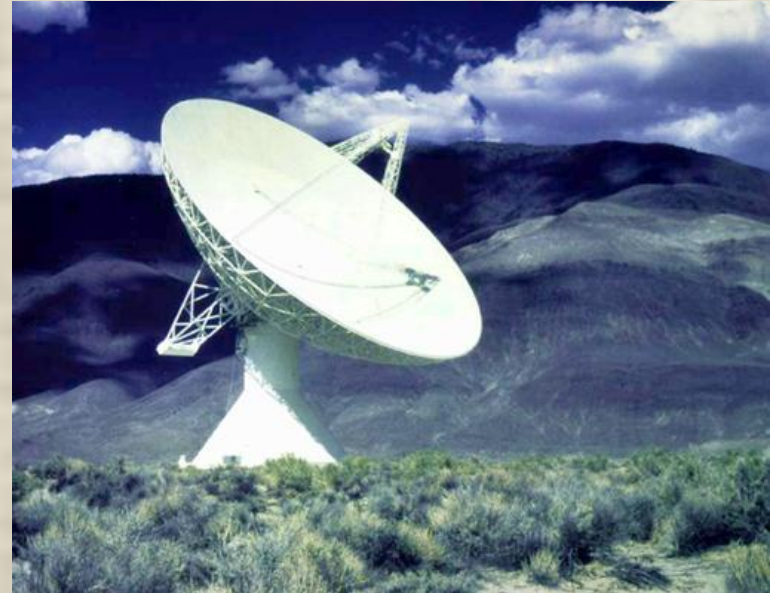
В 1946г первая радиолокация Луны.

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

Более точная лазерная локация проводится с 1969г



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



## Определение астрономической единицы

НАЗЕМНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АСТРОМЕТРИЯ

**149 504 312 000 ± 170 400 000 м**

## РАДИОЛОКАЦИЯ ПЛАНЕТ

- 1960 г. (**149 540 000 000 ± 13 600 000**) м
- 1961 г. (**149 599 500 000 ± 800 000**) м
- 1998 г. (**149 597 870 691 ± 2**) м
- 1999 г. (**149 597 870 691.0 ± 1.0**) м
- 1999 г. (**149 597 870 691.1 ± 0.2**) м

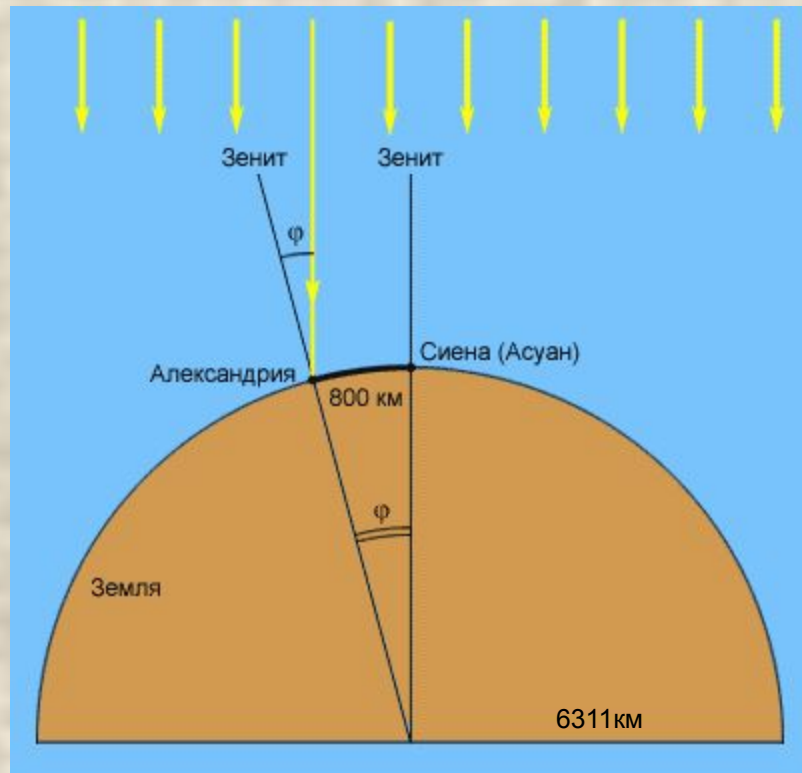
**1 а. е. = 149 597 870 691 ± 6 м ≈ 149,6 млн. км**

# Определение радиуса Земли

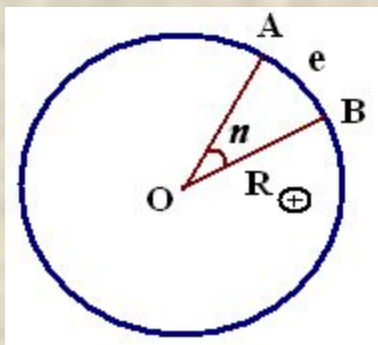


**В 240г до НЭ ЭРАТОСФЕН** (276-194, Египет), географ, директор Александрийской библиотеки, произведя измерения

Александрии ~~22 июня~~ между вертикалью и направлением на Солнце в полдень и используя записи наблюдений в тот же день падения лучей света в глубокий колодец в Сиена (Асуан) (в 5000 стадий = около 800км), получает разность углов в  $7,2^\circ$  и определяет радиус Земли в 6311км. Результат не был произведён до 17 века, лишь астрономы Багдадской обсерватории в 827г немного поправили его неточность.



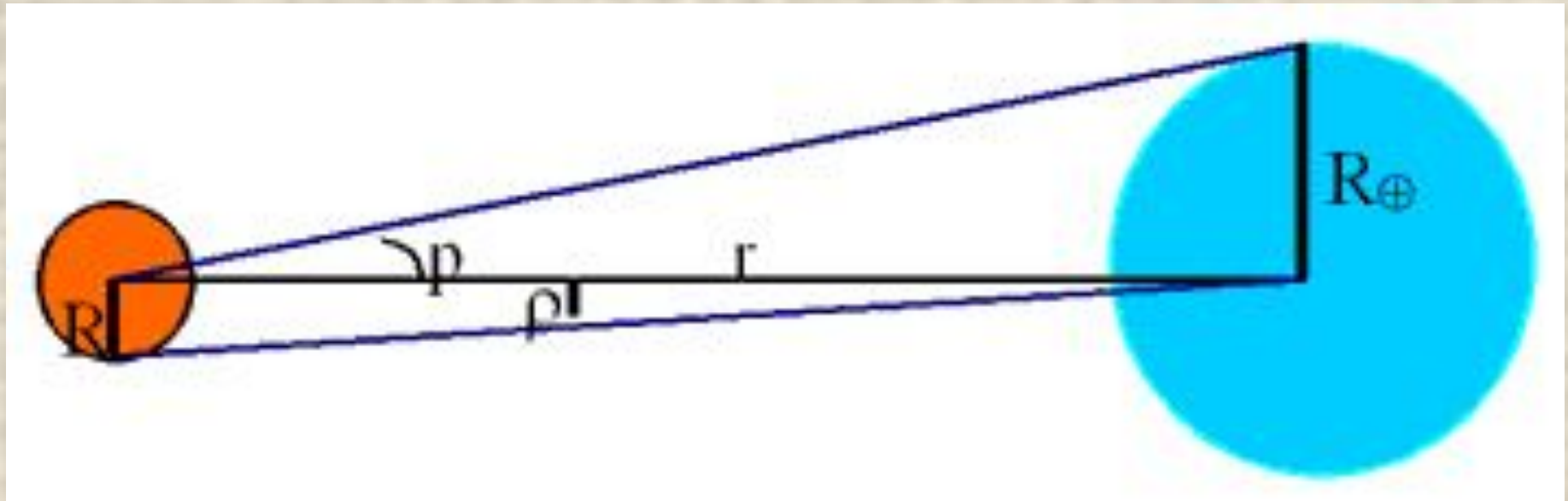
$$L/800=360^\circ/7,2^\circ$$



Берем две точки вдоль одного меридиана  $AOB=n=\varphi_A-\varphi_B$  (разность географических широт)  
 $e=AB$  - длина дуги вдоль меридиана  
 т.к.  $e_1=e/n=2\pi R/360^\circ$ , то

$$R_{\oplus} = \frac{180^\circ \cdot e}{\pi n}$$

# Размеры тел



**P**-параллакс    **p** - угловой радиус светила    **r** – расстояние между объектами

Из прямоугольных треугольников дважды используя формулу  $R = r \cdot \sin p$ , получим

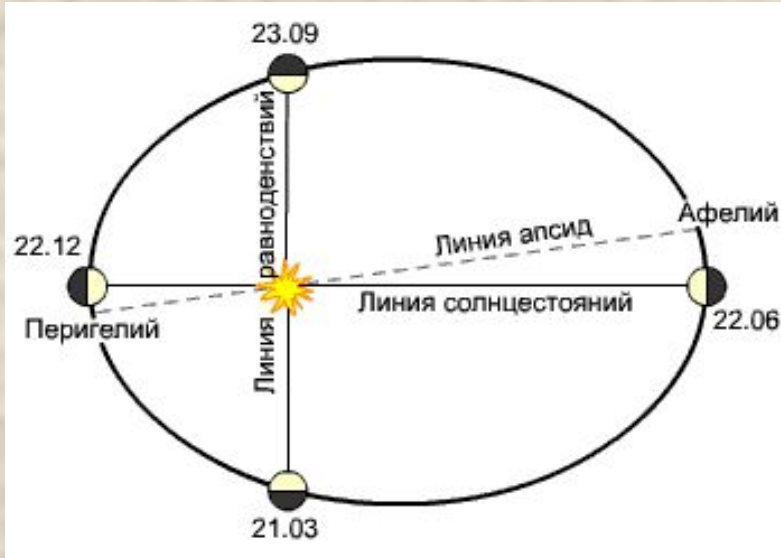
$$\left. \begin{array}{l} R = r \cdot \sin p \\ R_{\oplus} = r \cdot \sin p \end{array} \right\} \rightarrow \frac{R}{R_{\oplus}} = \frac{p}{p} \quad \text{или}$$

$$R = \frac{P}{p} \cdot R_{\oplus}$$

# Для Земли

Земля обращается вокруг Солнца по эллипсу с  $e=0,017$

Среднее расстояние от Земли до Солнца  $149\,600\,000\text{ км} = 149,6\text{ млн.км} = 1\text{ а.е.}$



**Перигелий – 1-5 января**

Так в 2008г будет 3 января, угловой размер Солнца  $32'31''$ , расстояние до Солнца  $147\,096\,602\text{ км}$

**Афелий - 1-6 июля**

Так в 2008г будет 4 июля, угловой размер Солнца  $31'27''$ , расстояние до Солнца  $152\,104\,160\text{ км}$

Задачи:

1. Расстояние от Земли до Луны в ближайшей к ней точке своей орбиты составляет 363 тыс.км, а в наиболее удалённой точке 405 тыс.км. Определите горизонтальный параллакс Луны в этих положениях.

Дано:

q=363 тыс.км

Q=405 тыс.км

R<sub>З</sub>=6370 км

p<sub>1</sub> – ?

p<sub>2</sub> – ?

$$D = \frac{206265''}{p''} \cdot R_3 \quad p = \frac{206265''}{D} \cdot R_3$$

$$p_1 = \frac{206265''}{363000\text{км}} \cdot 6370 = 3619,5'' \approx 1^\circ$$

$$p_2 = \frac{206265''}{405000\text{км}} \cdot 6370 = 3244,2'' \approx 54'$$

Ответ: 1°, 54'



2. Определите массу Юпитера в массах Земли, путём сравнения системы Юпитер – Европа с системой Земля – Луна, если известно, что спутник Европа отстоит от него на расстоянии 671 тыс. км и обращается с периодом 3,55 суток.

Дано:

$$T_1 = 3,55 \text{ сут}$$

$$T_2 = 27,3 \text{ сут}$$

$$a_1 = 671000 \text{ км}$$

$$a_2 = 384000 \text{ км}$$

$$M_2 = 1$$

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2} \cdot \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$M_1 = \frac{T_2^2}{T_1^2} \cdot \frac{a_1^3}{a_2^3} \cdot M_2$$

$M_1 = ?$

$$M_1 = \frac{(27,3 \text{ сут})^2}{(3,55 \text{ сут})^2} \cdot \frac{(671000 \text{ км})^3}{(384000 \text{ км})^3} \cdot M_2 = 316 M_2$$

Ответ: 316 масс Земли