

# Урок 11

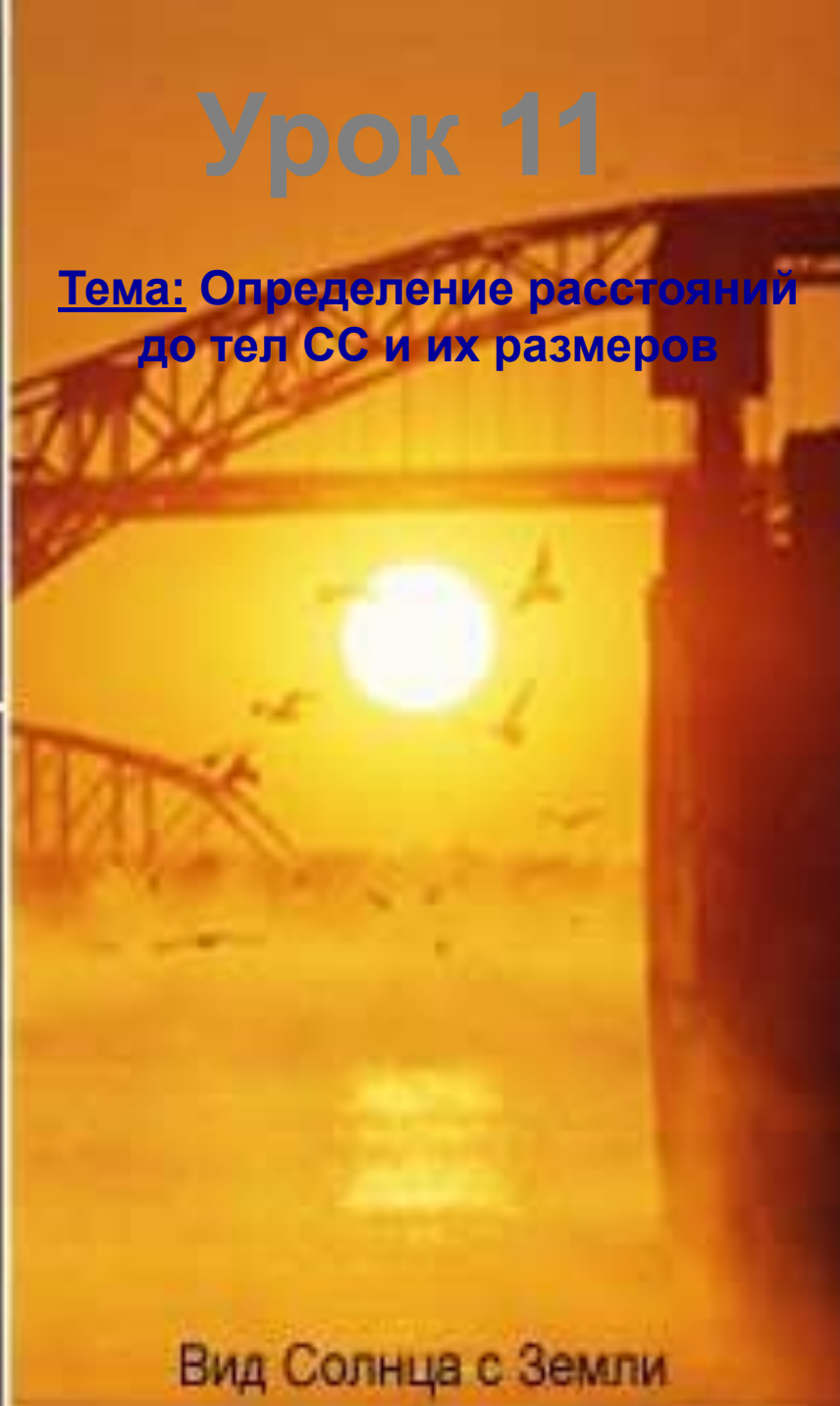
Тема: Определение расстояний до тел СС и их размеров



С Меркурия



С Венеры



Вид Солнца с Земли



С Марса



С Юпитера



С Сатурна



С Урана



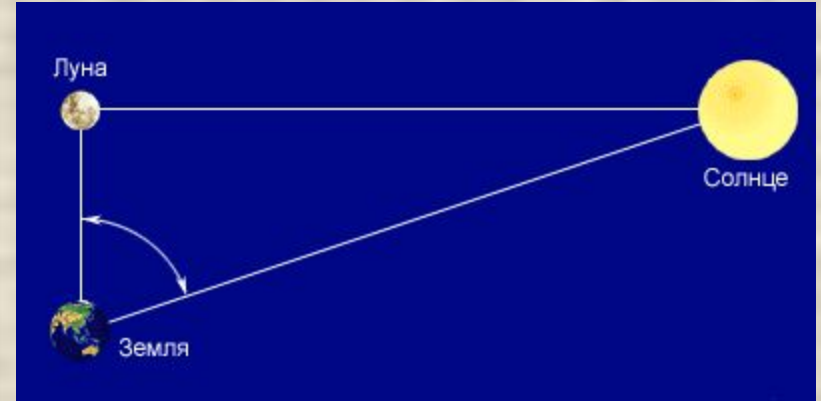
С Нептуна



С Плутона

# 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:  $3C=3Л/\cos 87^\circ \approx 19 \cdot 3Л$ ). 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 ( $59 R_{\oplus}$ ).

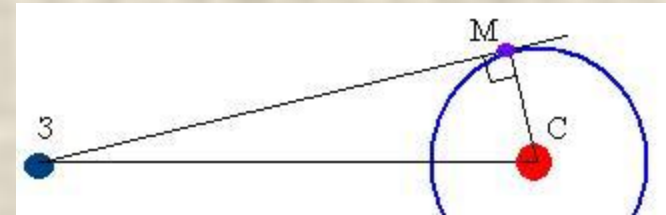
Довольно точно определил удалённость планет от Солнца к **1539г**, приняв расстояние от Земли до Солнца за **1а.е.**, **Николай Коперник** (1473-1543, Польша) –первый астроном нашего времени.

# 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:** Определение расстояний до Меркурия и Венеры в моменты элонгации (из прямоугольного треугольника по углу элонгации).



**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  $R_{\oplus}$**



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

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

**Луны  $P_{\text{л}} = 57'02''$  , Солнца  $P_{\odot} = 8,794''$**

## 4-й способ: радиолокационный

импульс → объект → отраженный сигнал → время

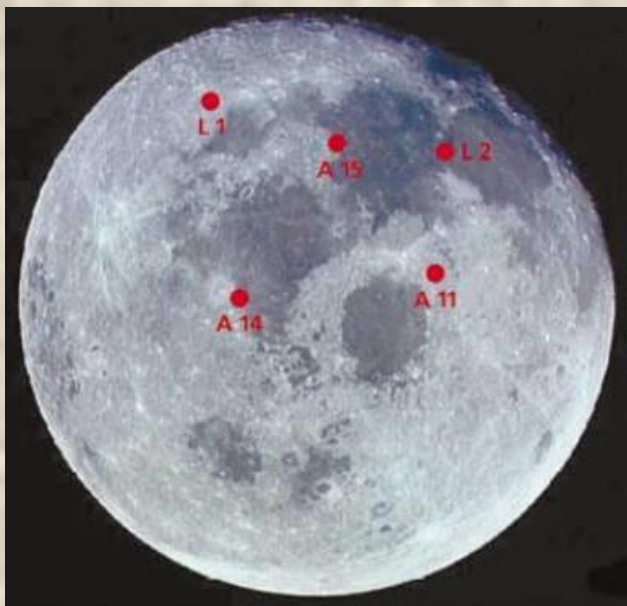
$$R = \frac{ct}{2} \quad V_{\text{ЭМВ}} = c = 299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

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

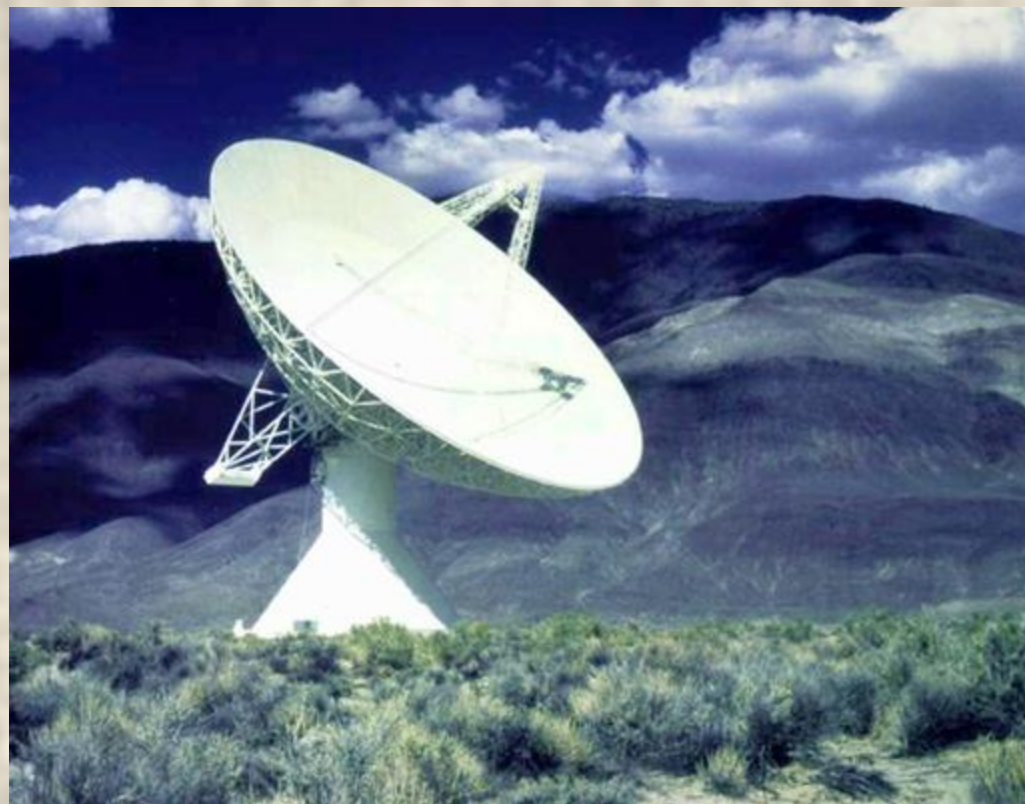
В 1946г первая радиолокация Луны.

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

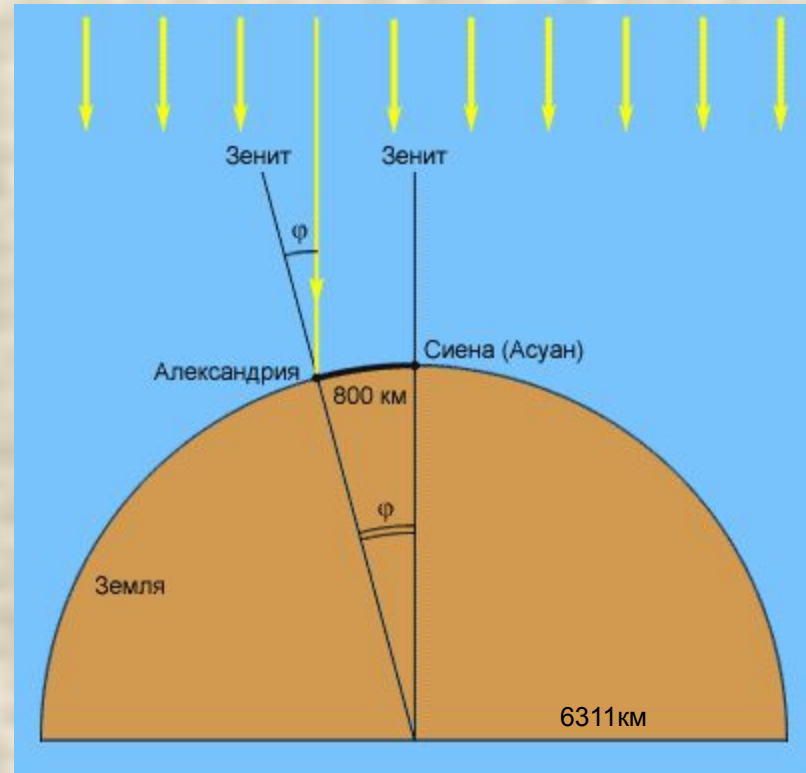
**1 а. е. = 149 597 870 691 ± 6 м ≈ 149,6 млн. км**

# Определение радиуса Земли

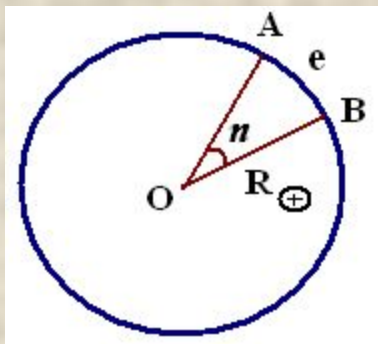


**В 240г до НЭ ЭРАТОСФЕН**  
(276-194, Египет), географ,  
директор Александрийской  
библиотеки, произведя измерения

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.



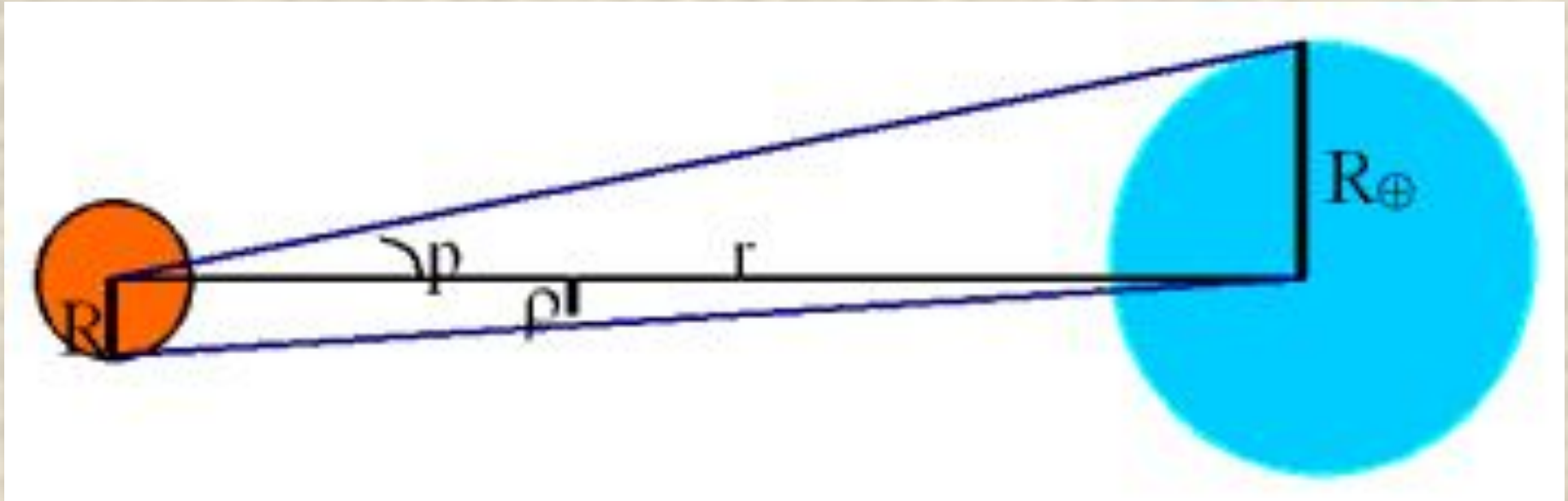
$$L/800=360^\circ/7,2^\circ$$



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

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

или

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

# 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  $152\,104\,160\text{ км}$

**В 2008 году (для Новосибирска)**

Весеннее равноденствие (20 марта) –  $32'07''$ , удаление  $148\,989\,865\text{ км}$

**Летнее солнцестояние (21 июня) –  $31'28''$ , удаление  $152\,028\,935\text{ км}$**

Осеннее равноденствие (22 сентября) –  $31'52''$ , удаление  $150\,125\,903\text{ км}$

**Зимнее солнцестояние (21 декабря) –  $32'31''$ , удаление  $147\,160\,039\text{ км}$**