

Урок 11

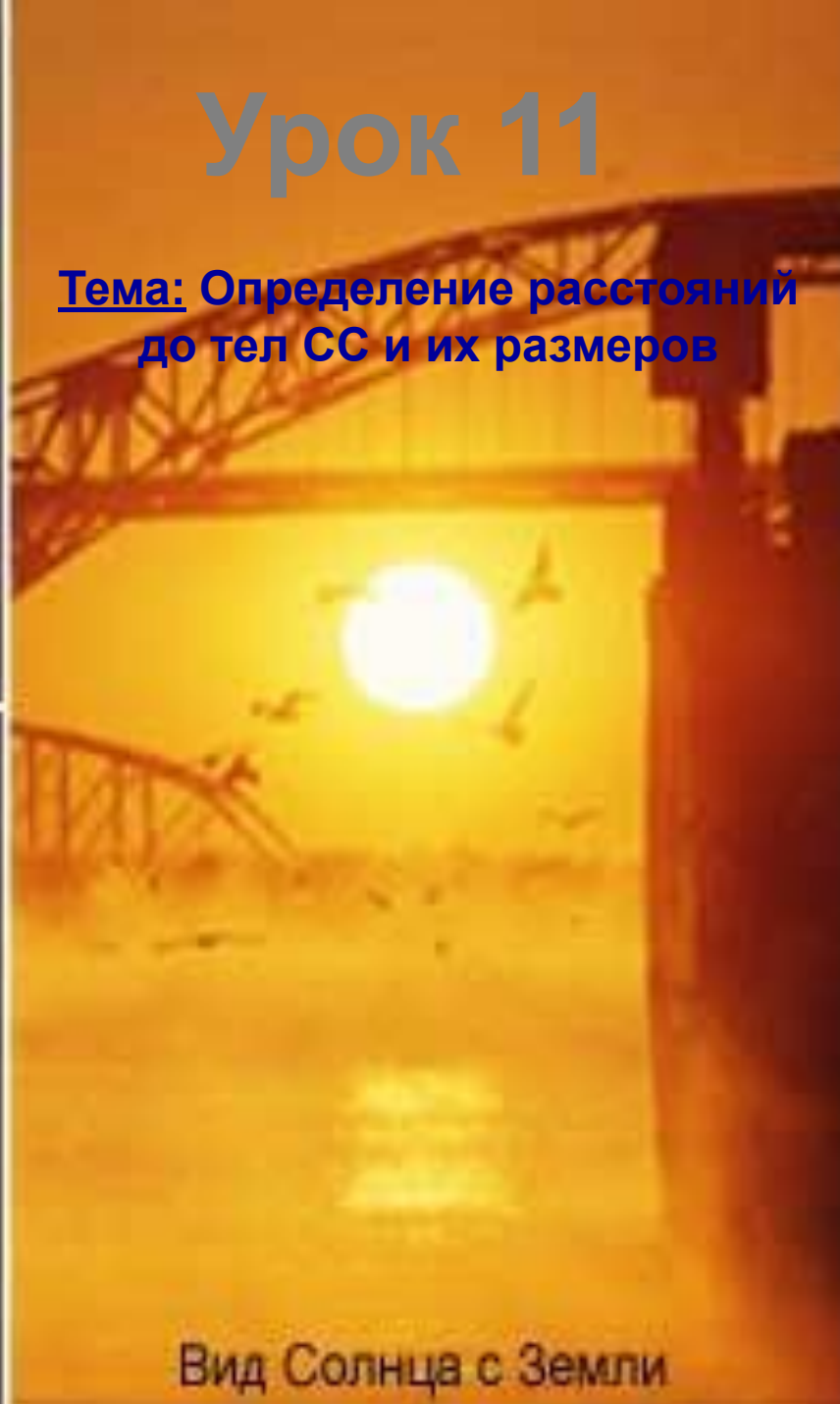
Тема: Определение расстояний до тел СС и их размеров



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

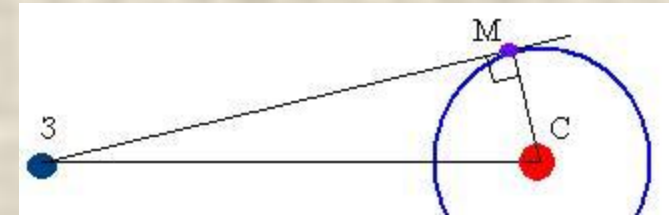
Довольно точно определил удалённость планет от Солнца к **1539г**, приняв расстояние от Земли до Солнца за **1а.е.**, **Николай Коперник** (1473-1543, Польша) –первый астроном нашего времени.

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 $R=6378\text{км}$.**



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

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

При малом значении угла, выраженном в радианной мере, учитывая что **1рад = 57,3° = 3438' = 206265"**, получим

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

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

4-й способ: радиолокационный

импульс → объект → отраженный сигнал → время

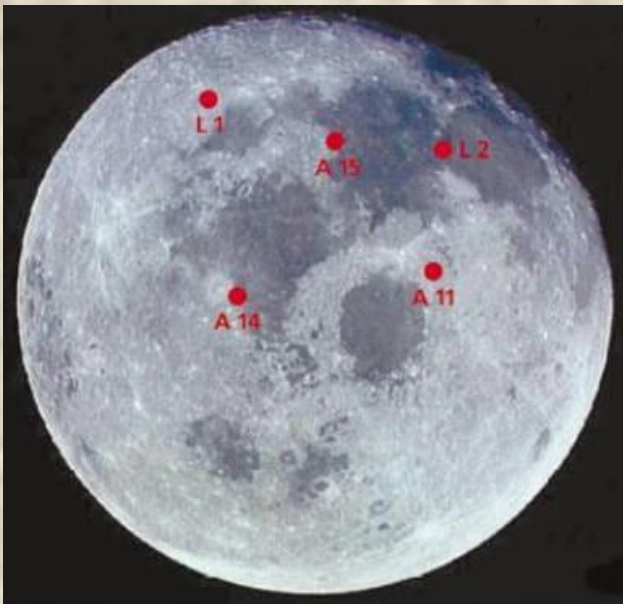
$$R = \frac{ct}{2} \quad V_{\text{ЭМВ}} = C = 299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

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

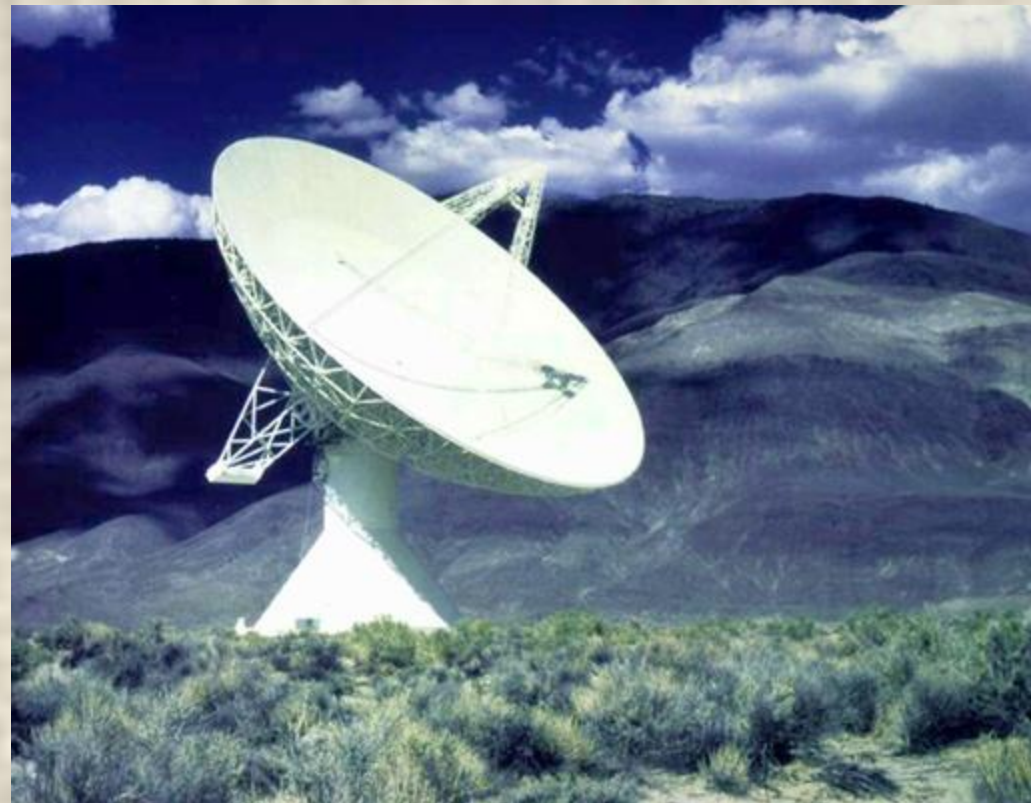
В 1946г первая радиолокация Луны.

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

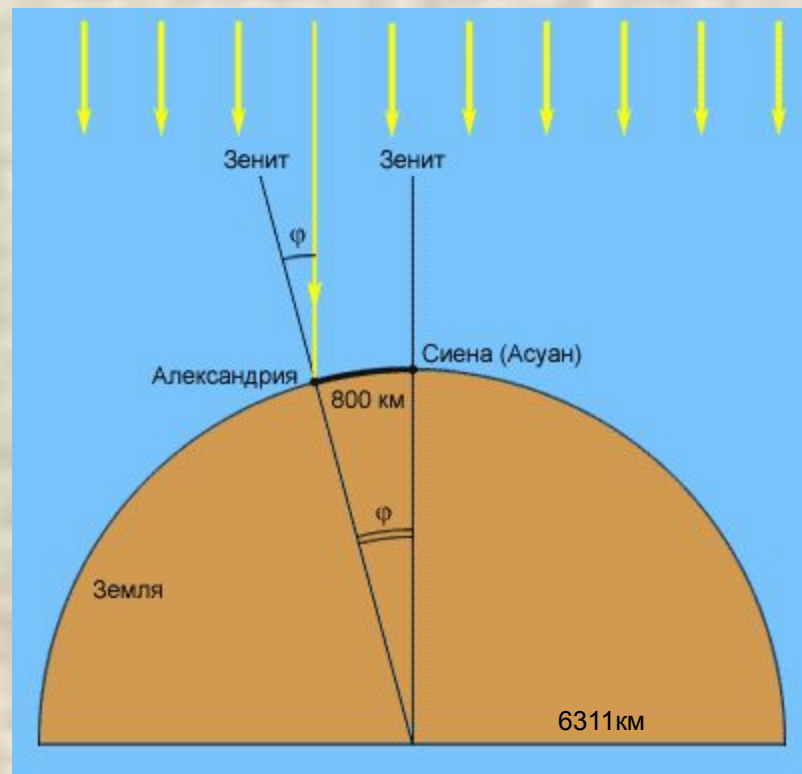
1 а. е. = 149 597 870 691 ± 6 м ≈ 149,6 млн. км



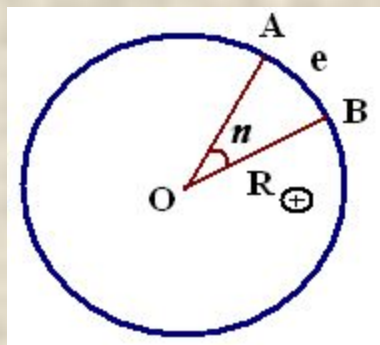
Определение радиуса Земли

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

22 июня в Александрии 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.



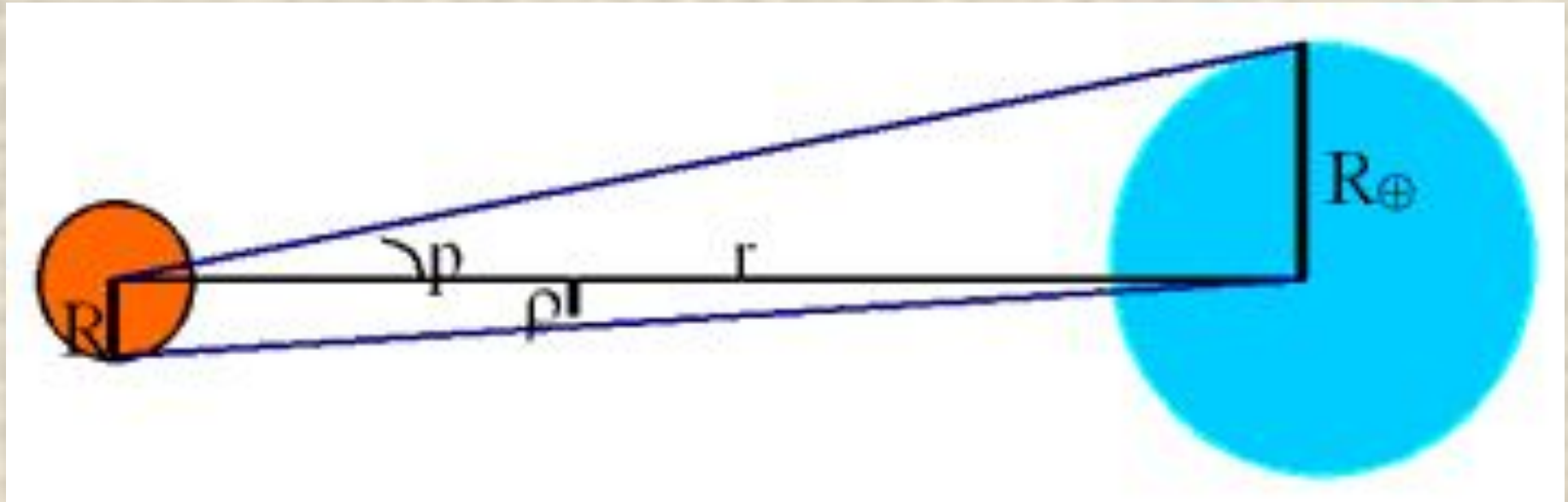
$$L/800=360^\circ/7,2^\circ$$



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

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

Размеры тел



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

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

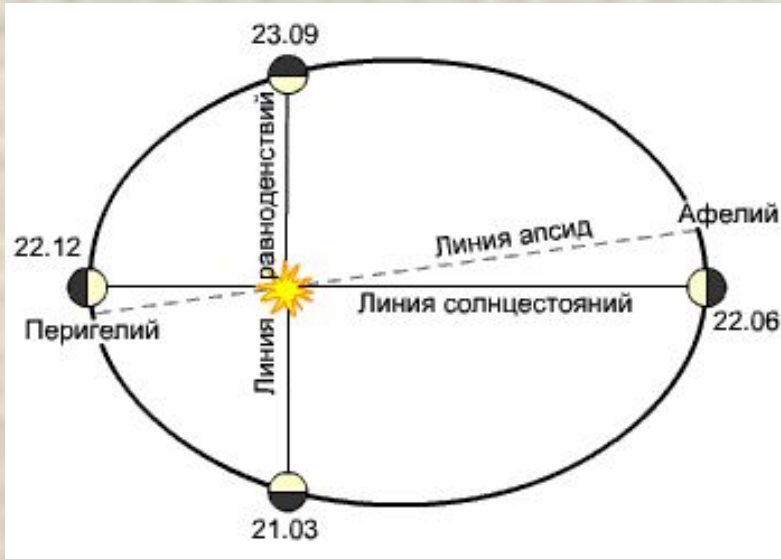
$$\left. \begin{array}{l} R = r \cdot \sin p \\ R_{\oplus} = r \cdot \sin p \end{array} \right\} \rightarrow \frac{R}{R_{\oplus}} = \frac{p}{p} \quad \text{или}$$

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

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 $147\,160\,039\text{ км}$