



С Меркурия

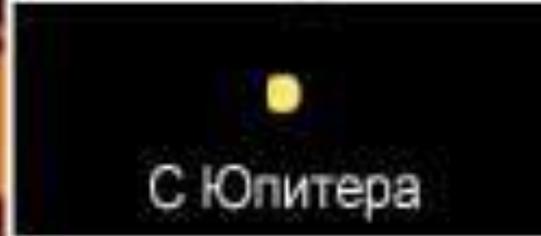


Тема: Определение расстояний до тел СС и их размеров

Вид Солнца с Земли



С Марса



С Юпитера



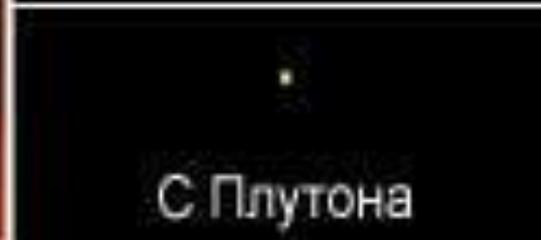
С Сатурна



С Урана



С Нептуна



С Плутона



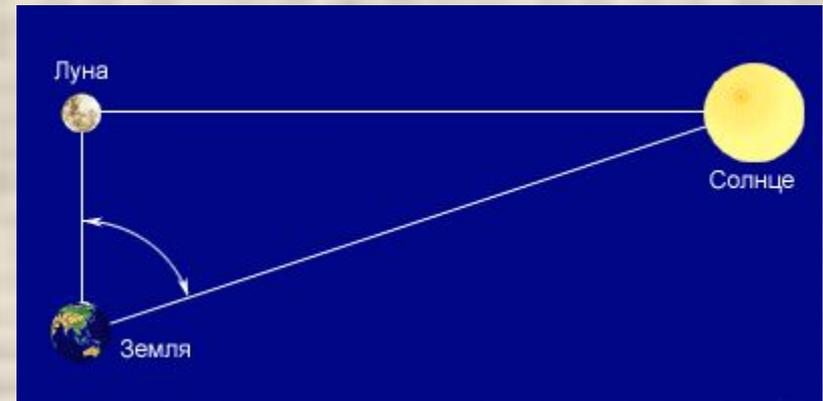
С Венеры

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

неточно, например радиус
Земли в 10000 км.



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

В 265г до н.э. Аристарх Самосский (310-230, Др. Греция) в работе «О величине и расстоянии Солнца и Луны» первым сравнил расстояния до Луны и Солнца. 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).

Способы определения расстояний в Солнечной системе

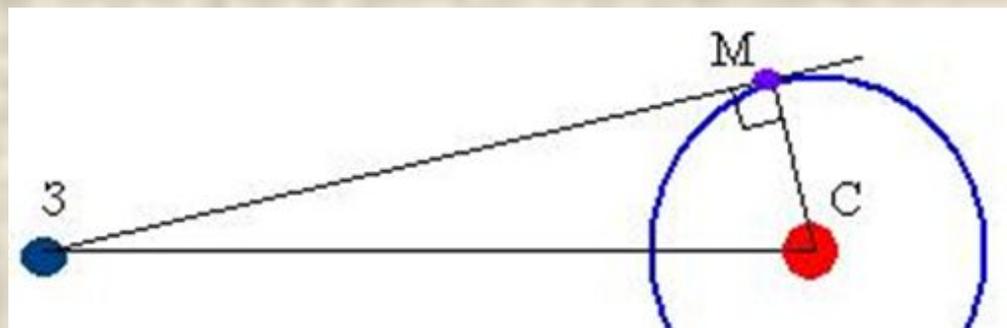
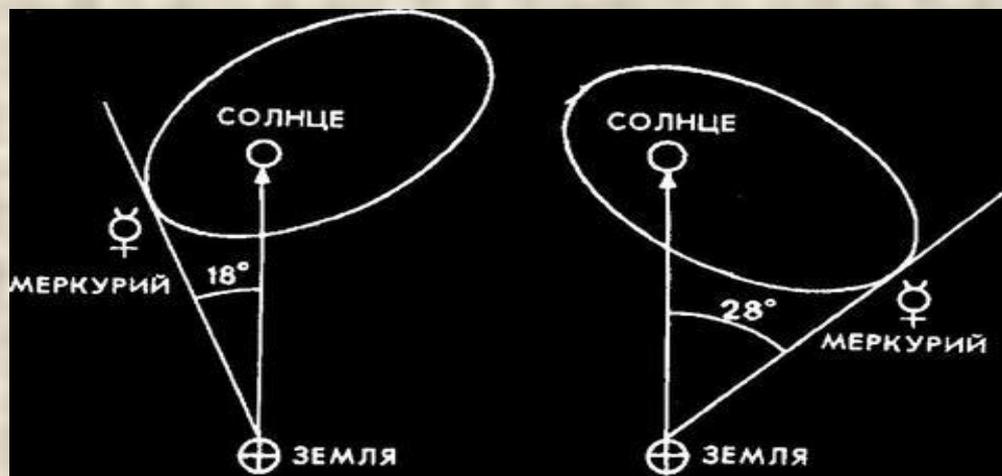
1-й способ: (приближенный) По третьему закону Кеплера можно определить удаленность планеты от Солнца, зная периоды обращений и одно из расстояний.

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

- **Элонга́ция** (позднелат.elongatio от elongo «удаляюсь») — астрономический термин, имеющий несколько значений. **Элонгация** планеты — разность эклиптических долгот планеты и Солнца.

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 $1\text{рад} = 57,3^{\circ} = 3438' = 206265''$, получим

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

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

4 способ радиолокационный

импульс → объект → отраженный сигнал → время

$C=299792458$ м/с – скорость электромагнитных волн

Предложен советскими физиками

Л.И. Мандельштам и Н.Д. Папалекси

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

В 1946г первая радиолокация Луны.

В 1957-1963гг — радиолокация Солнца,

Меркурия (с 1962г), Венеры (с 1961г),

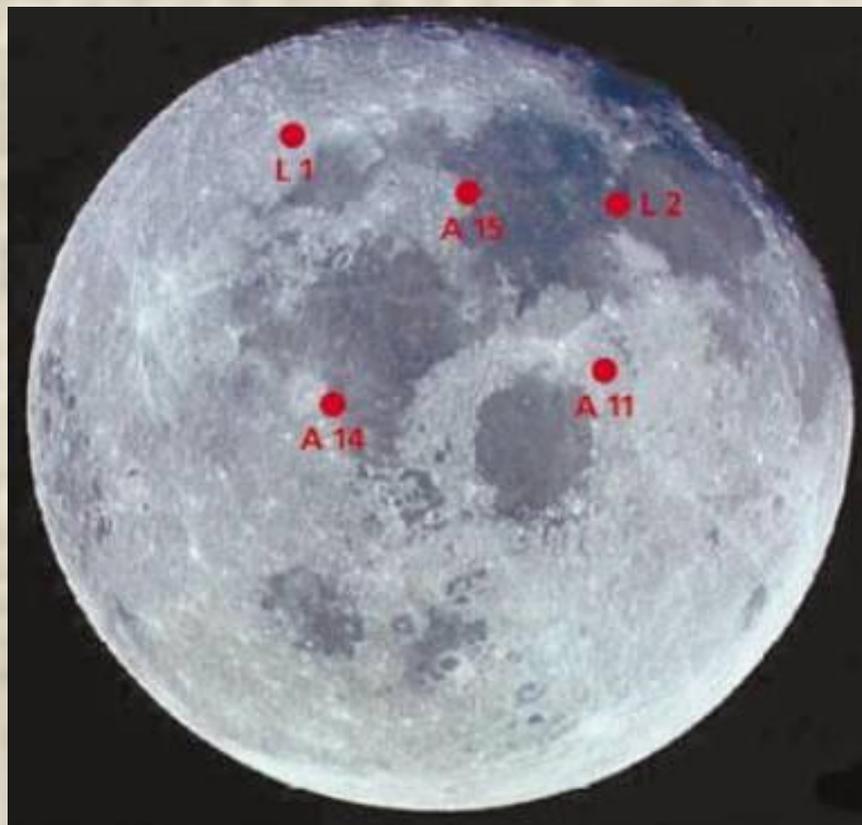
Марса и Юпитера (с 1964г), Сатурна (с 1973г) в

Великобритании, СССР и США.

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

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

Более точная лазерная локация проводится с 1969г



Определение астрономической единицы

НАЗЕМНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АСТРОМЕТРИЯ

1 а. е. = $149\,597\,870\,691 \pm 6$ м $\approx 149,6$
МЛН.КМ

$149\,504\,312\,000 \pm 170\,400\,000$ м

РАДИОЛОКАЦИЯ ПЛАНЕТ

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



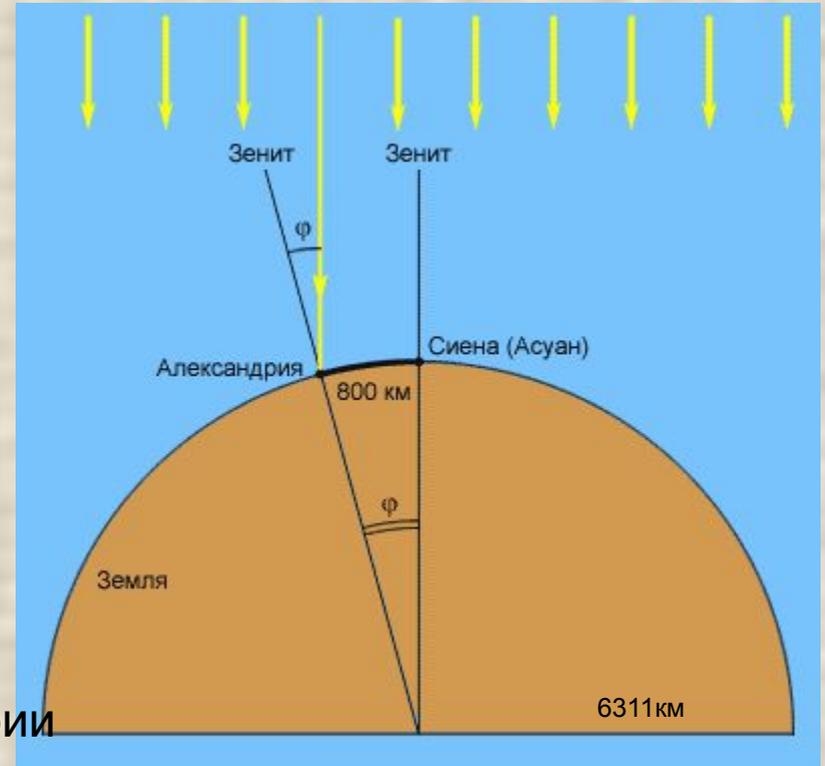
Определение радиуса Земли



В 240г до н.э.
ЭРАТОСФЕН

(276-194 Египет),
географ, директор
Александрийской
библиотеки,

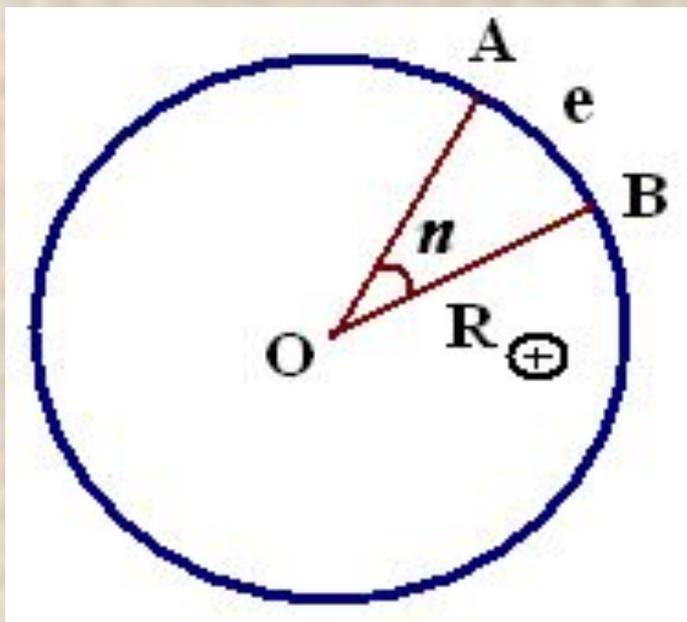
произведя измерения 22 июня в Александрии угла между вертикалью и направлением на Солнце в полдень и используя записи наблюдений в тот же день падения лучей света в глубокий колодец в Сиена (Асуан) (в 5000 стадий = около 800км), получает разность углов в $7,2^\circ$ и определяет радиус Земли в 6311км.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



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

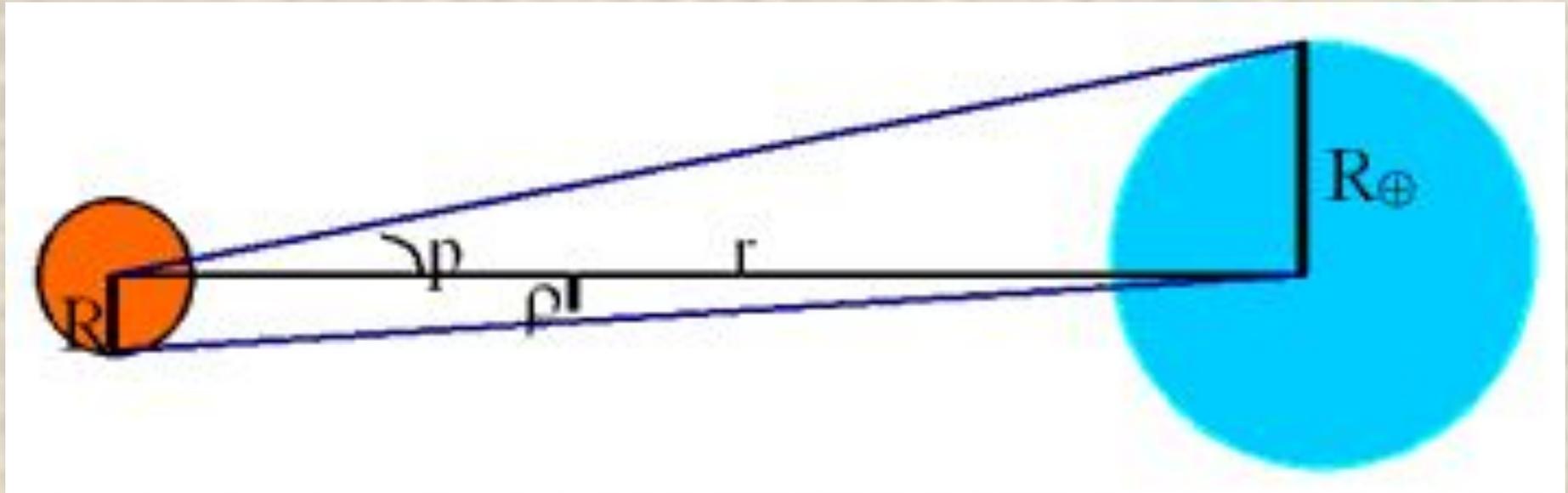
Берем две точки вдоль одного меридиана
 $\Delta\varphi = n = \varphi_A - \varphi_B$ (разность географических широт)

$e = AB$ - 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

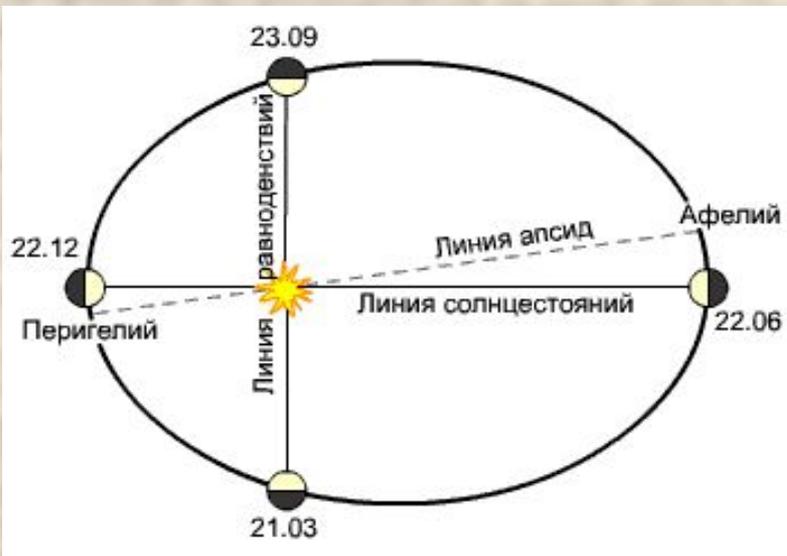
$$\left. \begin{array}{l} R = r \cdot \sin p \\ R_{\oplus} = r \cdot \sin p \end{array} \right\} \rightarrow \frac{R}{R_{\oplus}} = \frac{p}{p} \quad \text{или}$$

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

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 $152\,104\,160\text{ км}$

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 $147\,160\,039\text{ км}$