

# История представления о Солнечной системе

к.ф.-м.н., н.с. Вавилов Д.Е.

# Древность

7-5-е тысячелетие до н.э. – начало неолитической революции

До этого человек занимался в основном собирательством и охотой

Переход к земледелию и животноводству означал активное вмешательство человеком в природу

Появление начальных сведений по астрономии - хозяйственная деятельность. При полевых работах требовалось учитывать наступление различных сезонов года.

# Древность

Еще в древности обнаружили, что небесные тела можно разделить на типы:

- Солнце и Луна
- Звезды
- Планеты (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн)

# Древний Египет, Вавилон...

- Лунный календарь
- Солнечный календарь
- По положению Сириуса предсказывали разливы Нила
- Установлены многие периодичности в движении небесных тел.

Это все не были научные знания в современном понимании.

## Фалес из Милета (625-547 гг. до н.э.)

- Первый ионийский ученый, один из “семи мудрецов”
- Был посвящен в знания Египта и Вавилона
- Умел предсказывать солнечные затмения
- Первым стал доказывать геометрические теоремы
- Пытался объяснить мир без богов
- **Мир является продуктом взаимодействующих в природе сил**

## Анаксимандр (ок. 610-546 гг. до н.э.)

- Изучая движение тени от вертикальной палки, определил продолжительность года и сезонов
- Звезды, Луна и Солнце это огонь, видимый сквозь перемещающиеся отверстия в небесном своде.
- Полагал, что Земля (имеет форму цилиндра! – выгнута, по крайней мере, в одном направлении) не подвешена к небу и не поддерживается им, но сама по себе находится в центре Вселенно
- Утверждал, что таких миров, как наша Земля, во Вселенной может быть бесконечное множество

## Анаксагор (ок. 500 - ок. 428 гг. до н.э.)

- Первым заявил, что Луна светит отраженным светом, и разработал теорию смены лунных фаз (это шло вразрез с существовавшими предрассудками)
- Солнце — вовсе не бог, а «большой, величиною с Пелопоннес, раскалённый камень»

Судили за оскорбление богов. Был спасен учеником Периклом от смертной казни, но был выслан из Афин.

## Пифагорейцы (VI—IV вв. до н. э.)

- По форме Земной тени при Лунном затмении доказали, что Земля имеет форму шара.
- Пироцентрическая модель Вселенной.
- Звезды, Солнце, Луна и пять планет обращаются вокруг Центрального Огня (Гестии).
- Чтобы в сумме получилось священное число — десять — сфер, шестой планетой объявили Противоземлю (Антихтон).
- Как Солнце, так и Луна, по этой теории, светили отражённым светом Гестии.



# Платон(428 — 347 г до н.э.)

- Звёзды – «божественные сущности» с телом и душой.
- Их видимая форма — это огонь.
- А для сходства со Всецелым они были созданы шарообразными.
- Первым предложил разложить неравномерные движения светил на «совершенные» движения по окружностям (равномерное движение).
- Тела прикреплены на «небесные сферы»

# Аристотель(384 – 322 г. до н.э.)

Ученик Платона

- Небесные тела переносятся в своём движении твёрдыми небесными сферами, к которым они прикреплены.
- Сферы – хрустальные
- Всё, что движется, приводится в движение чем-нибудь внешним, которое, в свою очередь, также чем-то движется.
- Перводвигатель – неподвижен.
- 55 сфер

# Аристарх Самосский (310-230 г. до н.э.)

- Впервые публично высказал гипотезу о гелиоцентрической системе мира.
- Из-за отсутствия параллаксов предположил, что расстояние до звезд намного больше, чем до Солнца.
- Земля совершает оборот вокруг Солнца за год.
- Земля вращается вокруг своей оси с периодом в сутки.
- Луна светит отраженным светом Солнца

# Аристарх Самосский. Измерение расстояний

- Использовал фазы Луны и Лунные и Солнечные затмения.

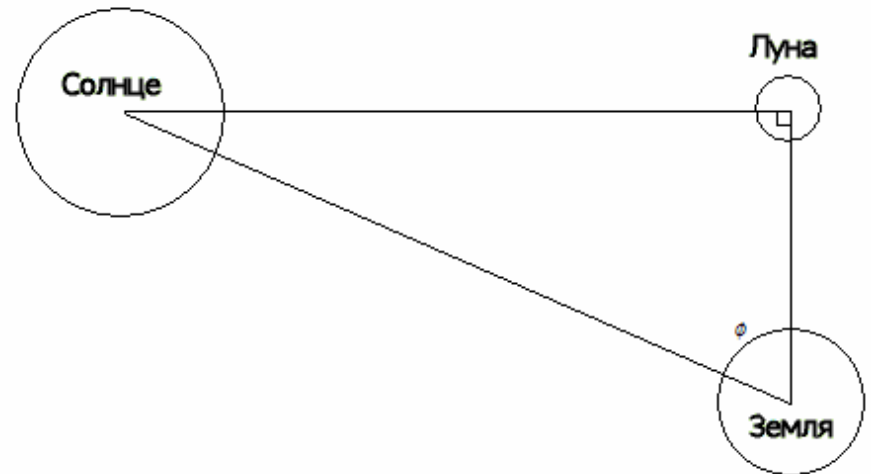
- $\operatorname{tg} \alpha = \frac{r_m}{r_s}$

- $\alpha = 87^\circ \Rightarrow \frac{r_s}{r_m} = 19$

( $\alpha = 89.8^\circ$ )

При Солнечном затмении  
они одного радиуса

$$\frac{R_s}{R_m} = 19.$$



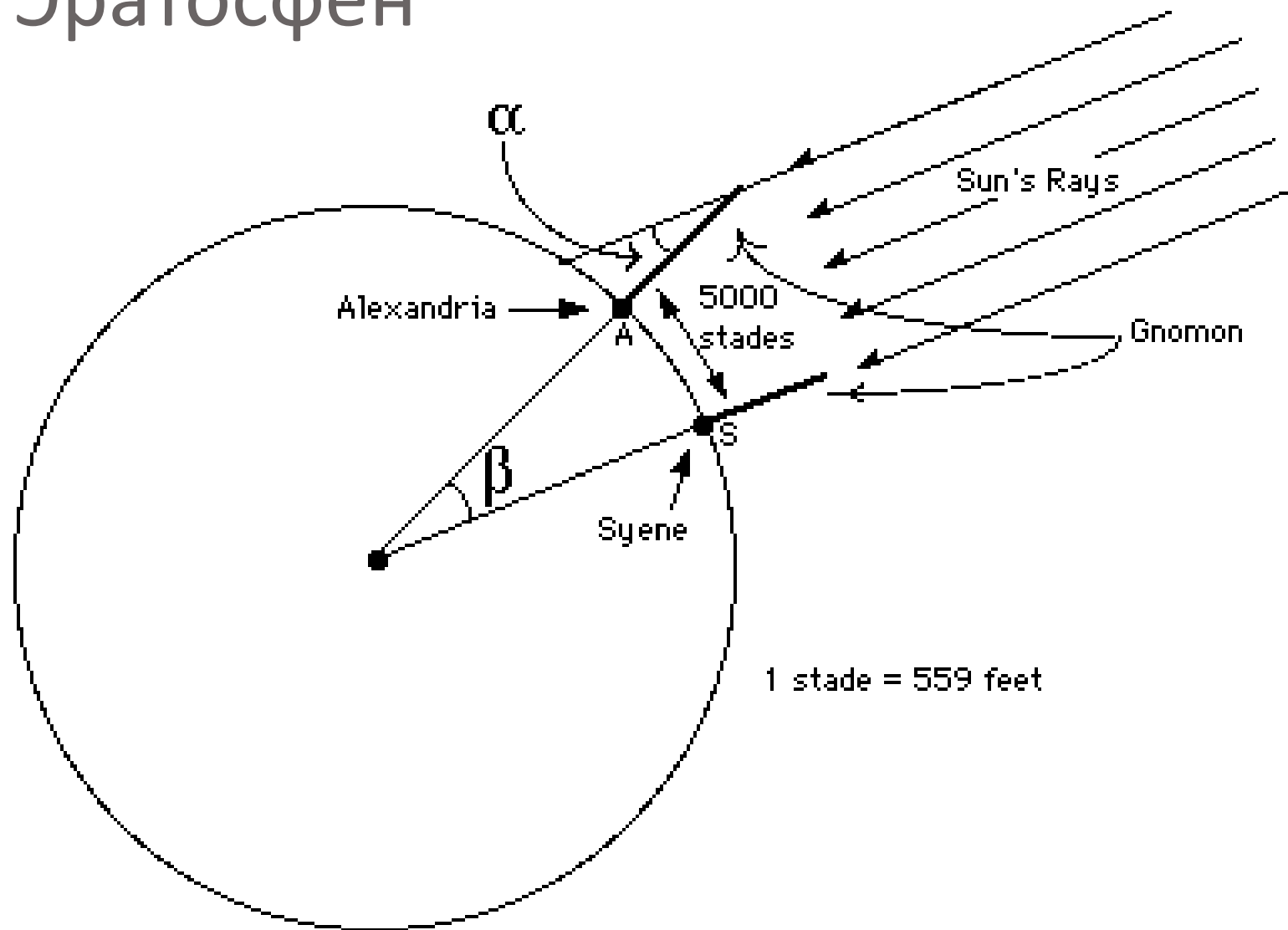
# Аристарх Самосский. Измерение расстояний

- При Лунных затмениях Луна попадает в конус тени Земли. Ширина конуса  $\approx 2$  диаметра Луны (реальное 2.6).
- $\frac{43}{6} > \frac{R_S}{R_T} > \frac{19}{3}$  (реальное  $\approx 110$ )
- $R_m \approx \frac{1}{3} R_T$  (реальное 0.273)
- Солнце намного больше Земли! Сама идея вращения чего-то большого вокруг чего-то малого абсурдна!

## Эратосфен (ок. 276 – ок. 194 гг. до н.э.)

- В Сиене, вблизи первого из нильских порогов, в полдень 21 июня вертикальный шест не отбрасывает тени
- Догадался поставить аналогичный опыт в Александрии – шест отбрасывает тень!
- Расстояние (угловое) между Александрией и Сиеной должно быть примерно  $1/50$  полной окружности ( $\approx 7^\circ$ )
- Расстояние между городами  $\approx 5000$  стадий (157.5 – 185 км)
- Длина всей окружности – 250 000 стадий  $\approx 40\,000$  км – погрешность около 1.5 %!

# Эратосфен

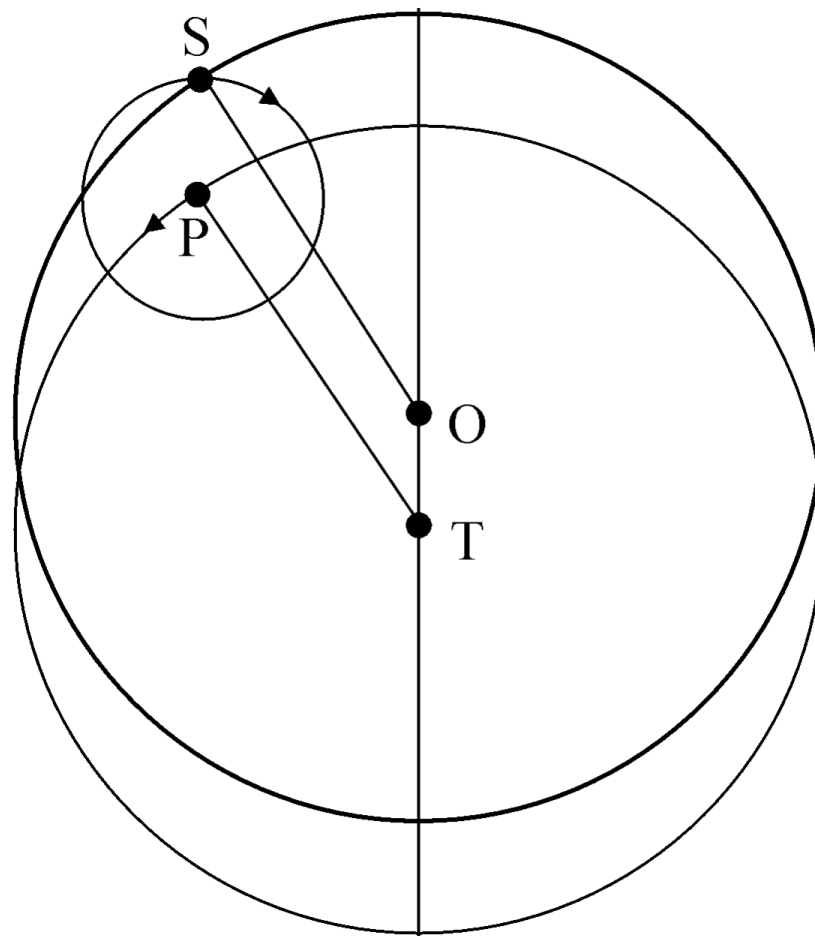


# Гиппарх(190-120 г. до н.э.)

- Заложил основы сферической астрономии и тригонометрии
- Установил, что следует различать звездный и тропический год
- Установил продолжительность тропического года в  $365.25 - 1/300$  суток
- Открытие прецессии (предварения равноденствия)
- Звездный каталог, включавший более 1000 звезд
- Система звездных величин
- Орбиты Солнца и Луны представил в виде движения по эпициклам.
- Предсказание затмений с точностью 1-2 часа
- Уточнил расстояния в системе Солнце-Земля-Луна



# Гиппарх. Движения Солнца и Луны



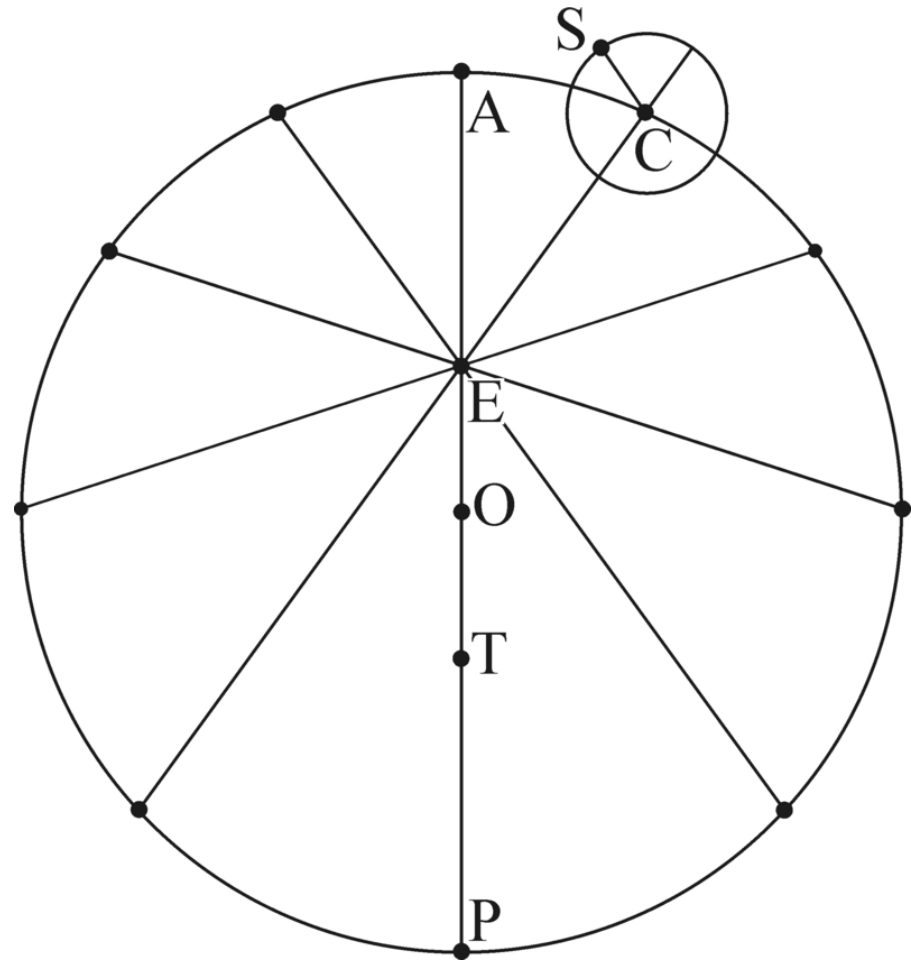
# Клавдий Птолемей (ок.100 – ок.170 гг.)

Автор труда «Альмогест» (Великое математическое построение по астрономии в тринадцати книгах)

- 1-я книга – Основные принципы (по Аристотелю)
- 2-ая книга – основы сферической астрономии
- 3-ья книга – теория годовичного движения Солнца
- 4-ая книга – теория движения Луны
- 7-ая и 8-ая книги – каталог 1022 звезд
- Остальные - теория планетных движений

# Птолемей. Движение небесных тел

Точки на окружности показывают положения планеты через равные промежутки времени.  $O$  — центр деферента,  $T$  — Земля,  $E$  — точка экванта,  $A$  — апогей деферента,  $P$  — перигей деферента,  $S$  — планета,  $C$  — средняя планета (центр эпицикла)



# Геоцентрическая система мира по Птолемею

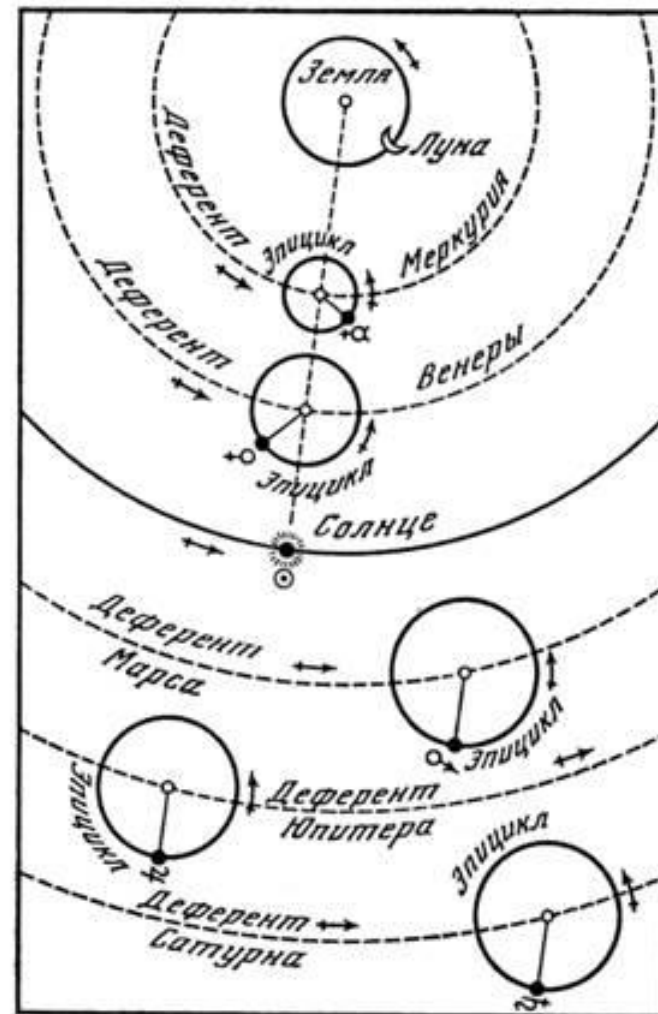


Рис. 24.  
Система мира Птолемея

# Николай Коперник (1473-1543 г.)

- Книга «О вращении небесных сфер»
- Впервые в христианской Европе гелиоцентрическая система мира
- В центре Солнце
- Земля и другие планеты вращаются вокруг оси и вокруг Солнца. Луна вращается вокруг Земли
- Теория лунных и солнечных затмений, соотношение размеров Земли, Луны и Солнца
- Венера и Меркурий – внутри орбиты Земли. Решена проблема, что эти две планеты были видно только утром или вечером.

# Николай Коперник

- Все равно приходится пользоваться эпициклами, поскольку движение планет не равномерное
- Центры планетных орбит немного не совпадали с Солнцем (а совпадали с центром орбиты Земли)
- Ввел понятие оси вращения Земли, тем самым объяснив прецессию (предварение равноденствия)
- Звезды бесконечно далеко
- Звезды не могут вращаться вокруг Земли, иначе у них слишком большие скорости, значит Земля вращается вокруг своей оси
- Относительные расстояния в Солнечной системе с большой точностью

# Николай Коперник. Относительные расстояния

| Планета  | Относительные расстояния |             |                      |
|----------|--------------------------|-------------|----------------------|
|          | по Копернику             | по Птолемею | современные значения |
| Меркурий | 0.376                    | 0.376       | 0.387                |
| Венера   | 0.720                    | 0.720       | 0.723                |
| Земля    | 1.000                    | 1.000       | 1.000                |
| Марс     | 1.520                    | 1.520       | 1.524                |
| Юпитер   | 5.217                    | 5.208       | 5.203                |
| Сатурн   | 9.184                    | 9.259       | 9.540                |

# Джордано Бруно (1548-1600 г.)

- Популяризатор учения Коперника
- Развил учение Коперника
- Отсутствие небесных сфер, на которых все прикреплено
- Звезды – далекие солнца, вокруг которых вращаются планеты
- Вселенная бесконечна и наполнена звездами
- Существование неизвестных планет в Солнечной системе
- Кометы – небесные тела, а не эффекты атмосферы



# Тихо Браге(1546-1601 г.)

- Создание инструментов и метод наблюдения
- Повышение точности наблюдений на порядок
- Таблицы рефракций света
- Обнаружил сверхновую звезду в созвездии Кассиопеи. Отсутствие параллакса, значит не близко
- Измерил длину года с точностью до секунды!
- Обнаружил параллакс кометы, значит это не атмосферное явление
- Комета пересекала орбиты планет, значит **небесных сфер нет!**

# Квадрант Тихо Браге

194 см

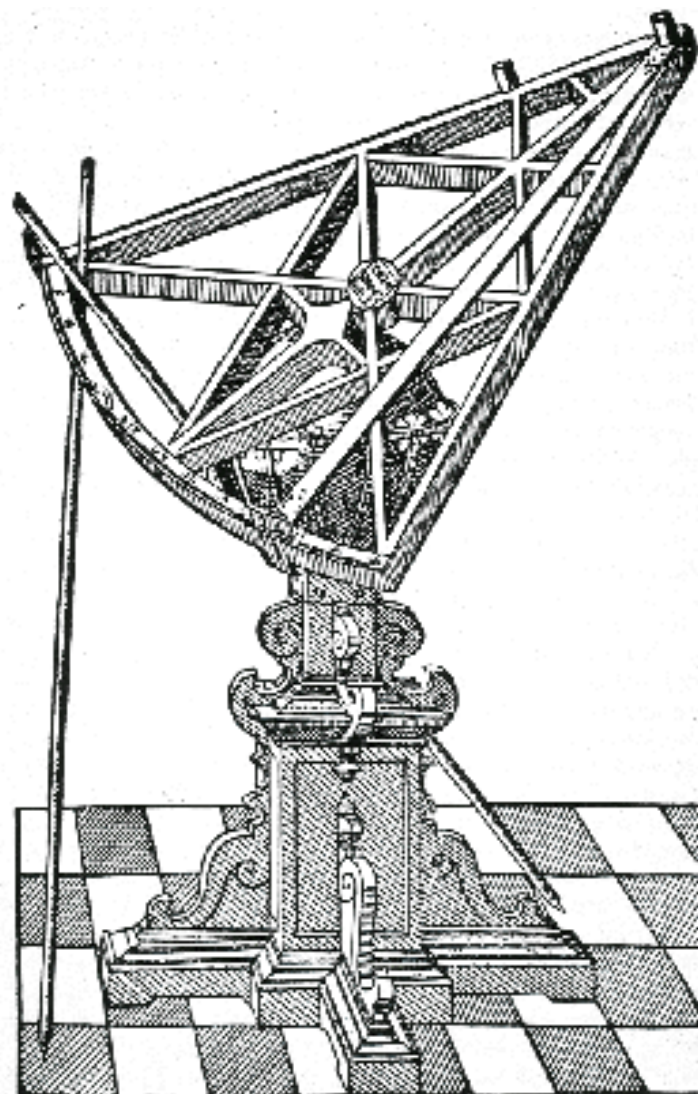
литая латунь

10” —

метод трансверселей



# Инструменты Тихо Браге



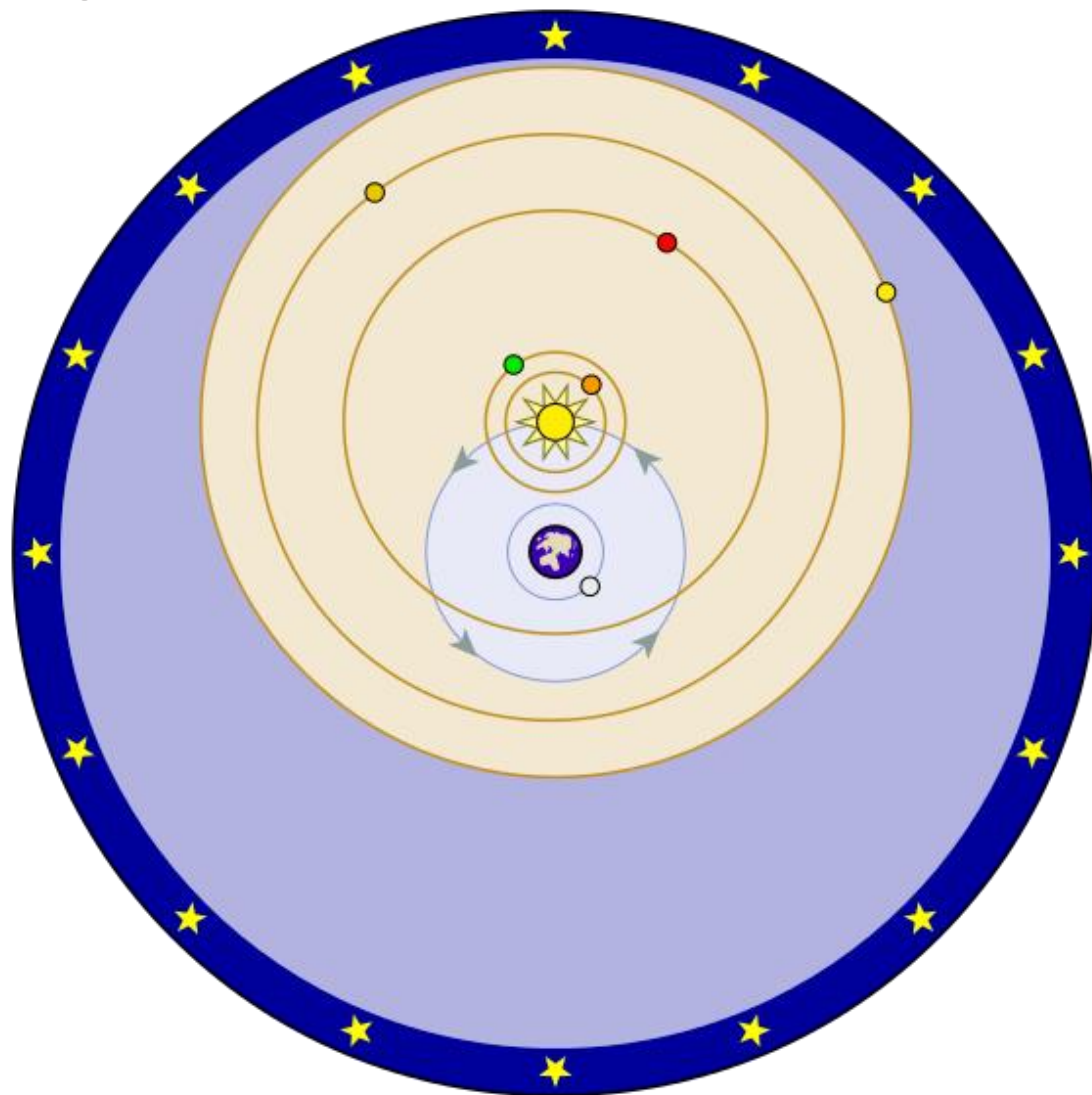
# Инструменты Тихо Браге



# Тихо Браге(1546-1601 г.)

- Гео-гелиоцентрическая система
- В центра Земля
- Солнце, Луна и звезды вращаются вокруг неподвижной Земли
- Планеты и кометы вращаются вокруг Солнца
- Такая система не вызывала проблем у инквизиции

# Тихо Браге



# Кеплер (1571-1630 г.)

- Модель Коперника по точности не превосходила модель Птолемея
- Использовал наблюдения Тихо Браге (наблюдения Марса)
- Понятие орбиты планеты, нет небесных сфер
- Земля – рядовая планета
- Планеты двигаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам
- Законы Кеплера
- Сильно увеличивается точность положений тел

# Первый закон Кеплера

- Все тела двигаются по эллипсам, в фокусе - Солнце

Эксцентриситет

$$e = \frac{c}{a}$$

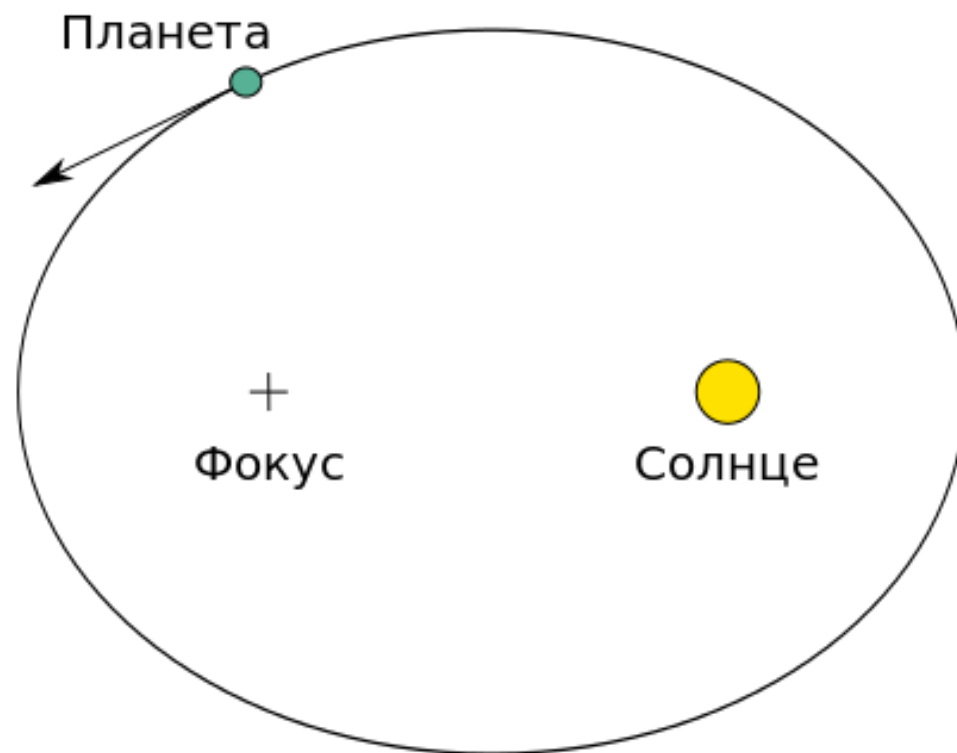
$a$  – большая

полуось

$c$  – расстояние от

центра до

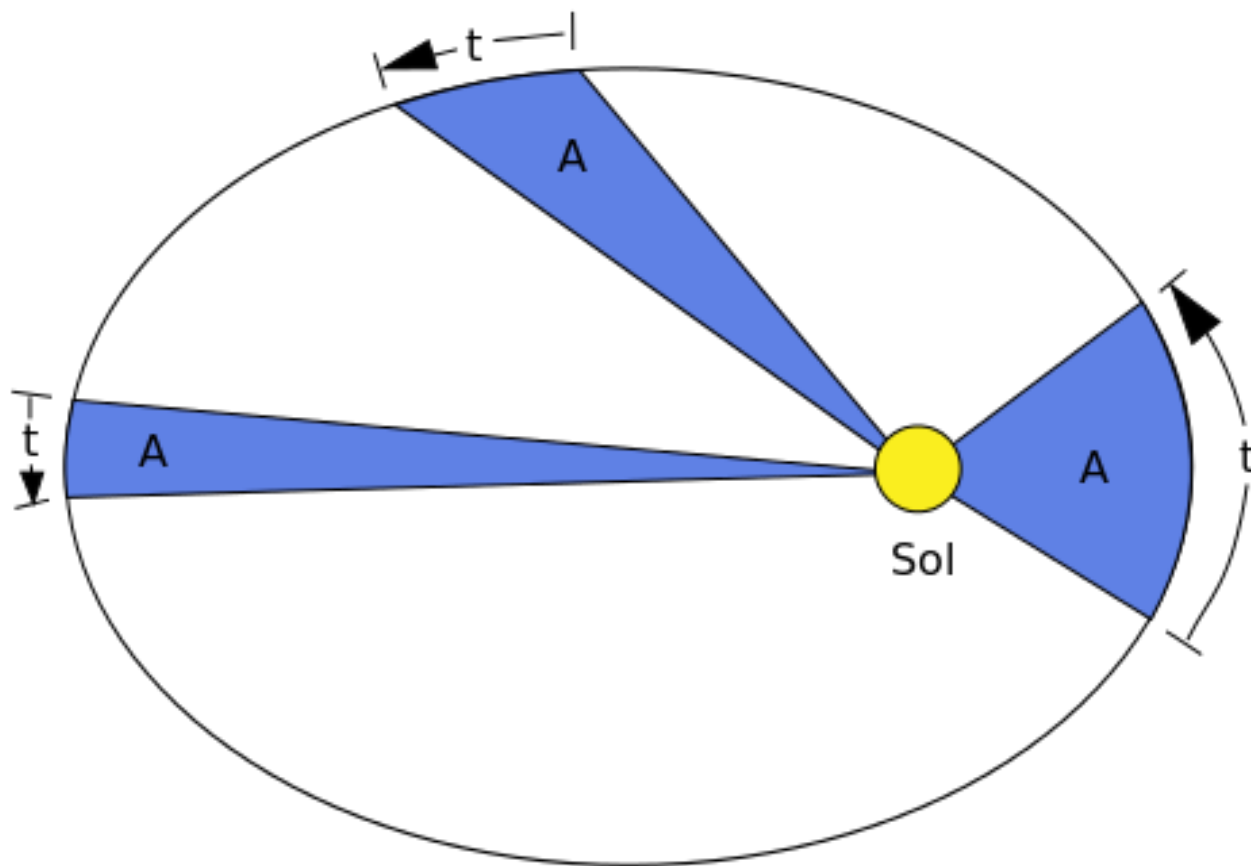
фокуса





# Второй закон Кеплера

Каждая планета движется в плоскости, содержащей Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.



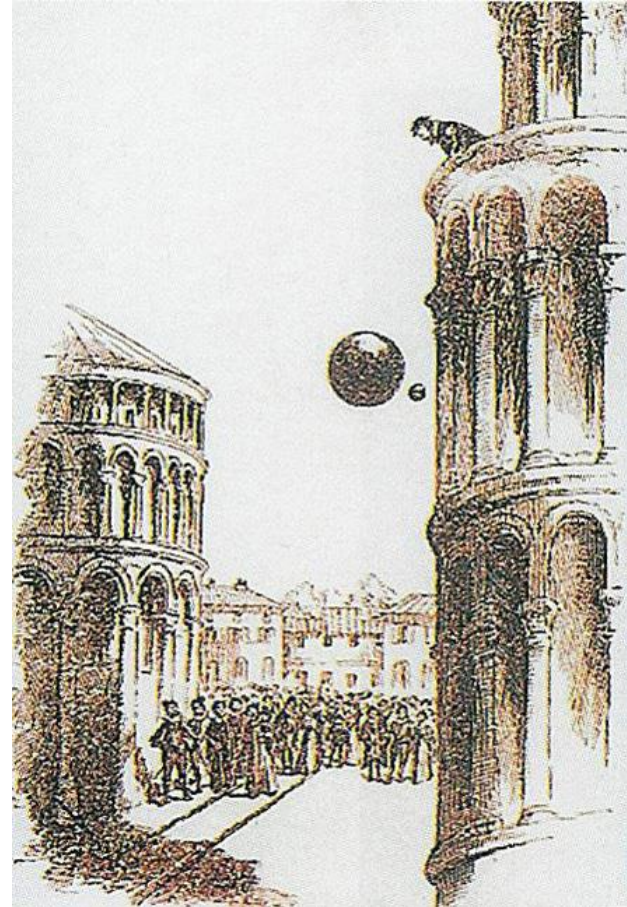
# Третий закон Кеплера

Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей орбит.

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

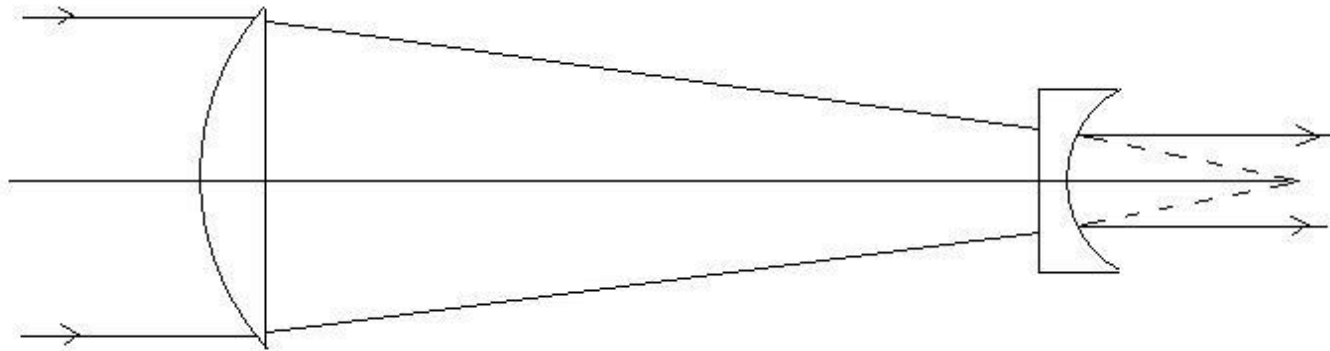
# Галилео Галилей (1564-1642)

- Рассуждения Аристотеля о движении тел – неверны: **Скорость падения тел вовсе не зависит от их веса!**
- Доказал это сначала умозрительно, а затем экспериментально



# Галилео Галилей

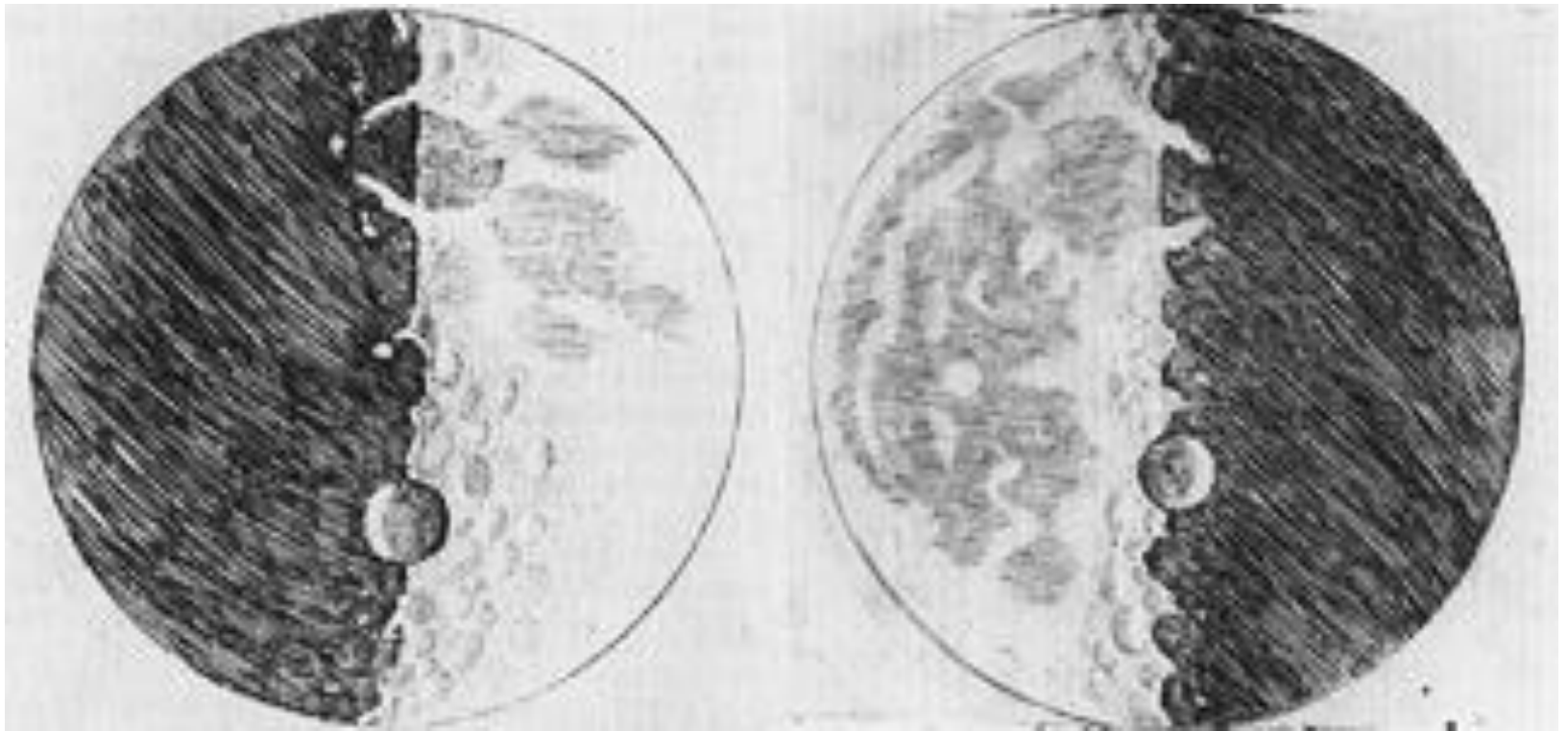
- Сторонник гелиоцентрической системы
- Переписывался с Кеплером
- Изобрел свою увеличивающую трубу



Сначала 3х кратное увеличение, затем 30-ти кратное!

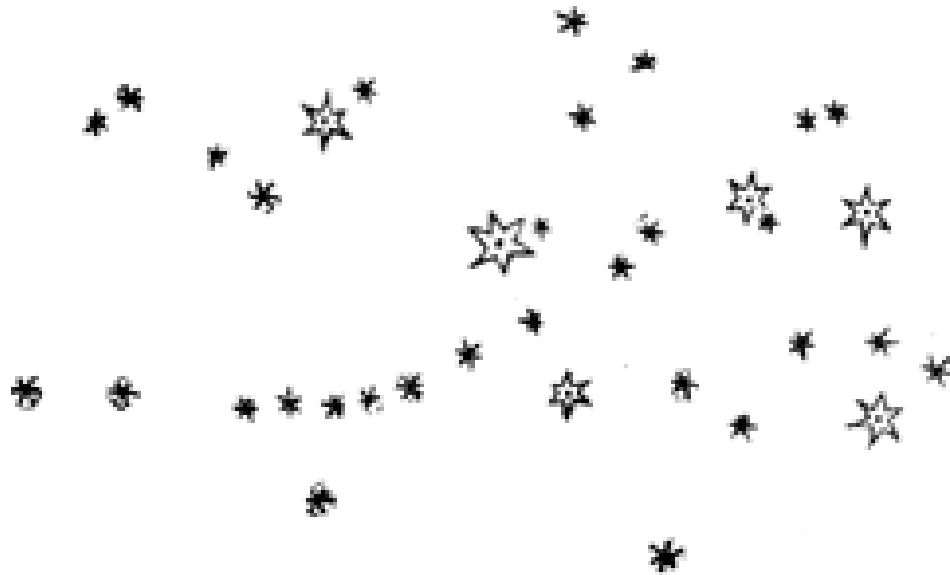
# Телескопические наблюдения Галилея

## Высота Лунных гор



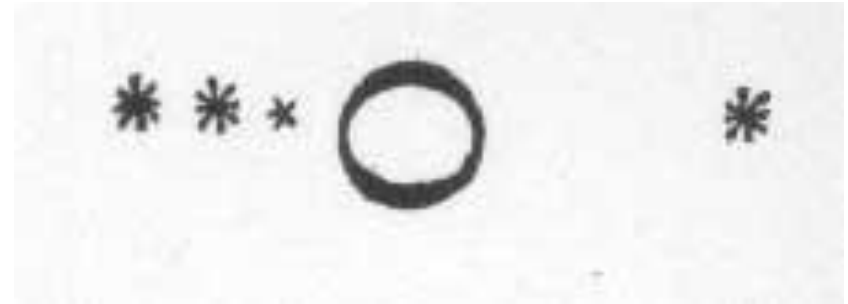
# Телескопические наблюдения Галилея

- Луна всегда повернута одной стороной
- Разница между видом планет и неподвижных звезд
- Разрешил отдельные участки Млечного пути на звезды. Плеяды – 36 звезд.



# Телескопические наблюдения Галилея

- Спутники Юпитера (Ио, Европа, Ганимед, Калисто)
- 7 января 1610 г. – 3 “звезды”
- 13 января 1610 г. – еще одна
- 5-ый спутник был открыт лишь в 1892 г.



# Телескопические наблюдения Галилея

- Сатурн оказался совершенно круглым
- Фазы Венеры. Венера – шар. Венера свет отраженным светом. Вращается вокруг Солнца
- Открыл пятна на Солнце
- Вращение Солнца по движению пятен
- Книга “Диалог о двух основных системах мира”
- Способ определения долгот по затмениям спутников Юпитера



# Исаак Ньютон

- Книга «Математические начала натуральной философии». Начала математического анализа.
- 3 закона механики
- Закон Всемирного тяготения
- Вывел уравнения движения планет, законы Кеплера. Уточнил 3ий закон

$$\frac{T_1^2 (M + m_1)}{T_2^2 (M + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Продолжение следует...