

Тема урока:

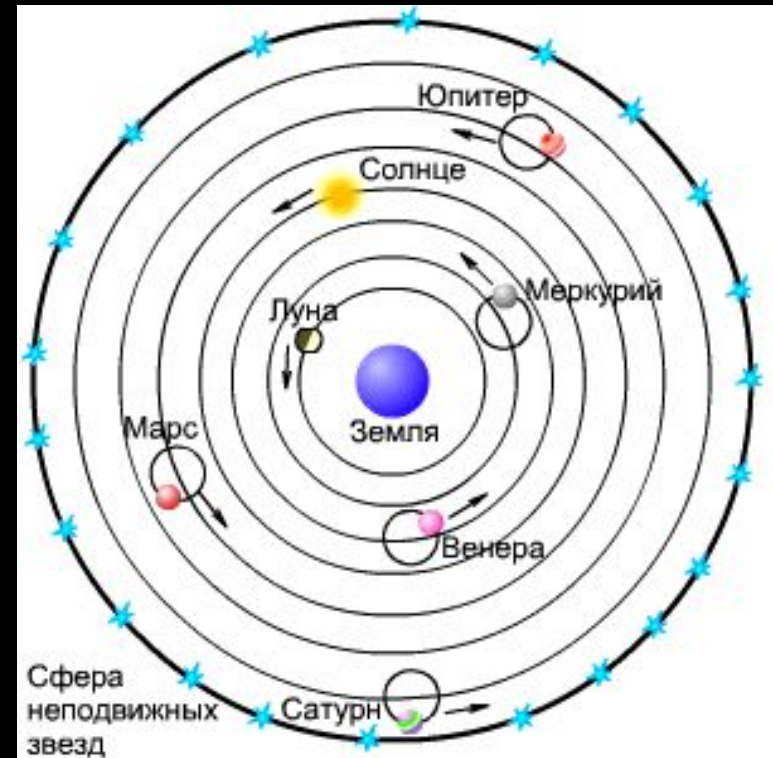
# Законы Кеплера – законы движения небесных тел



С древнейших времен считалось,  
что небесные тела движутся по «идеальным кривым» - окружностям.



Клавдий Птолемей  
(ок. 90 – ок. 160)

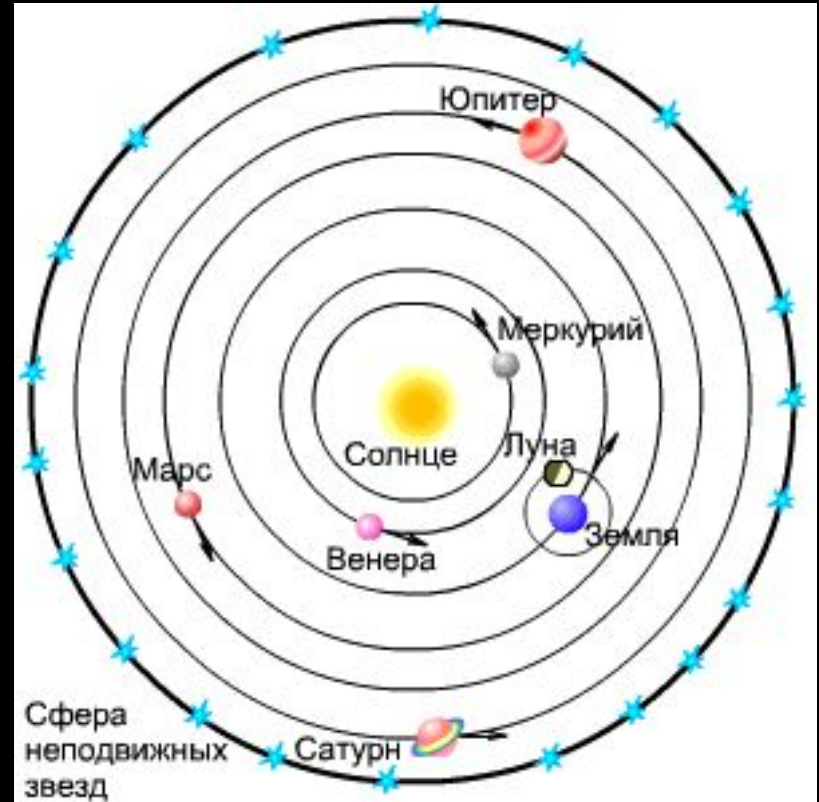


Геоцентрическая система Птолемея

В теории Николая Коперника, создателя гелиоцентрической системы мира, круговое движение также не подвергалось сомнению.



Николай Коперник  
(1473–1543)



Гелиоцентрическая система мира Коперника

Наблюдаемое положение планет  
не соответствовало  
предвычисленному в соответствии с теорией  
кругового движения  
планет вокруг Солнца.

Почему?

В XVII веке ответ на этот вопрос искал немецкий  
астроном **Иоганн Кеплер**.



Иоганн Кеплер  
(1571–1630 )

Иоганн Кеплер изучал движение Марса по результатам многолетних наблюдений датского астронома Тихо Браге.



Тихо Браге  
(1546-1601)



Иоганн Кеплер обнаружил, что *орбита Марса не окружность, а эллипс*.

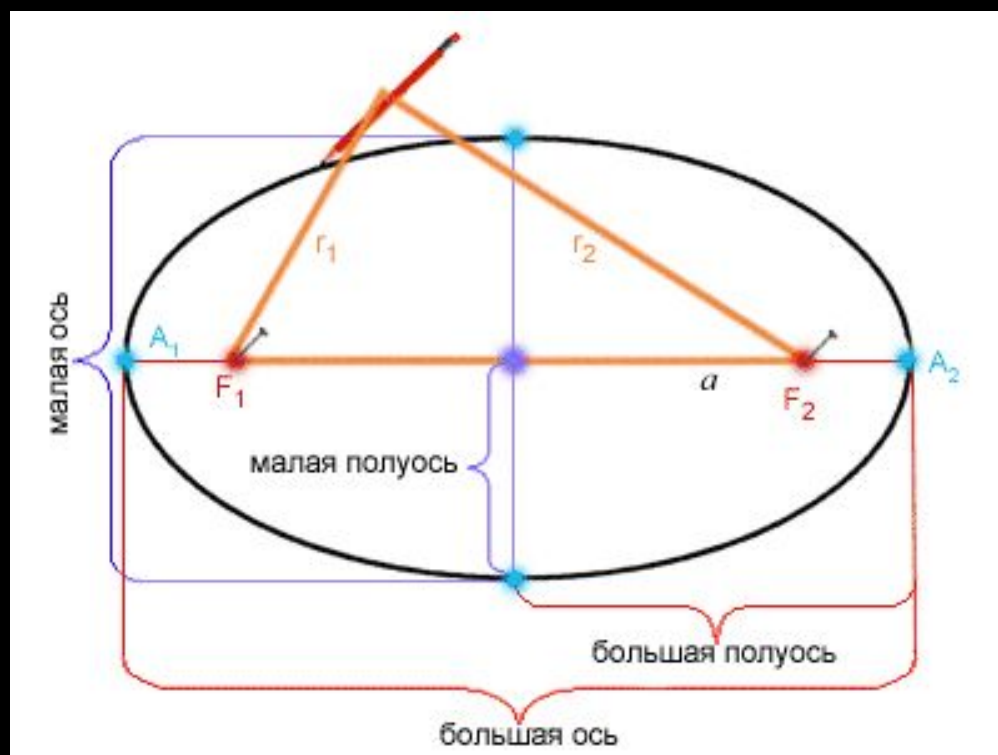
**Эллипс** определяется как геометрическое место точек, для которых сумма расстояний от двух заданных точек (фокусов  $F_1$  и  $F_2$ ) есть величина постоянная и равная длине большой оси.

Линия, соединяющая любую точку эллипса с одним из его фокусов, называется *радиусом-вектором* этой точки.

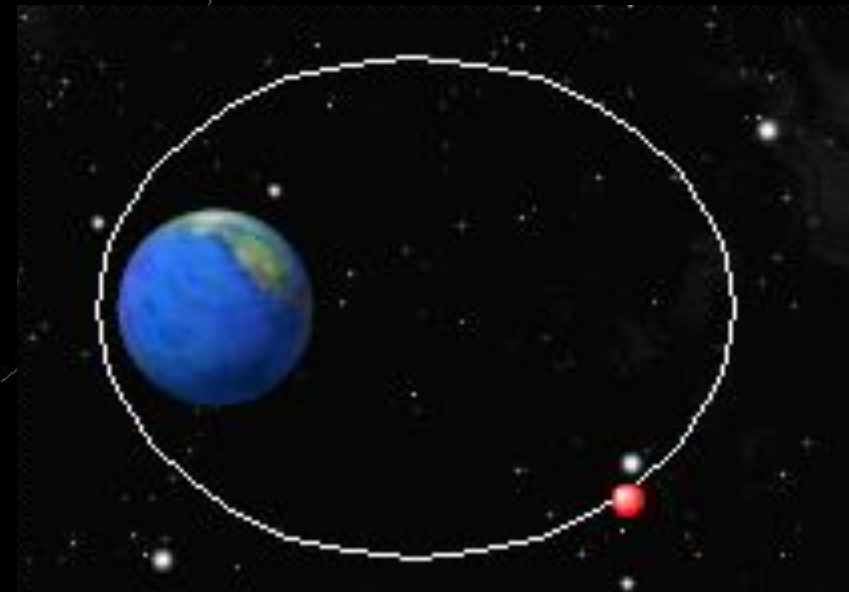
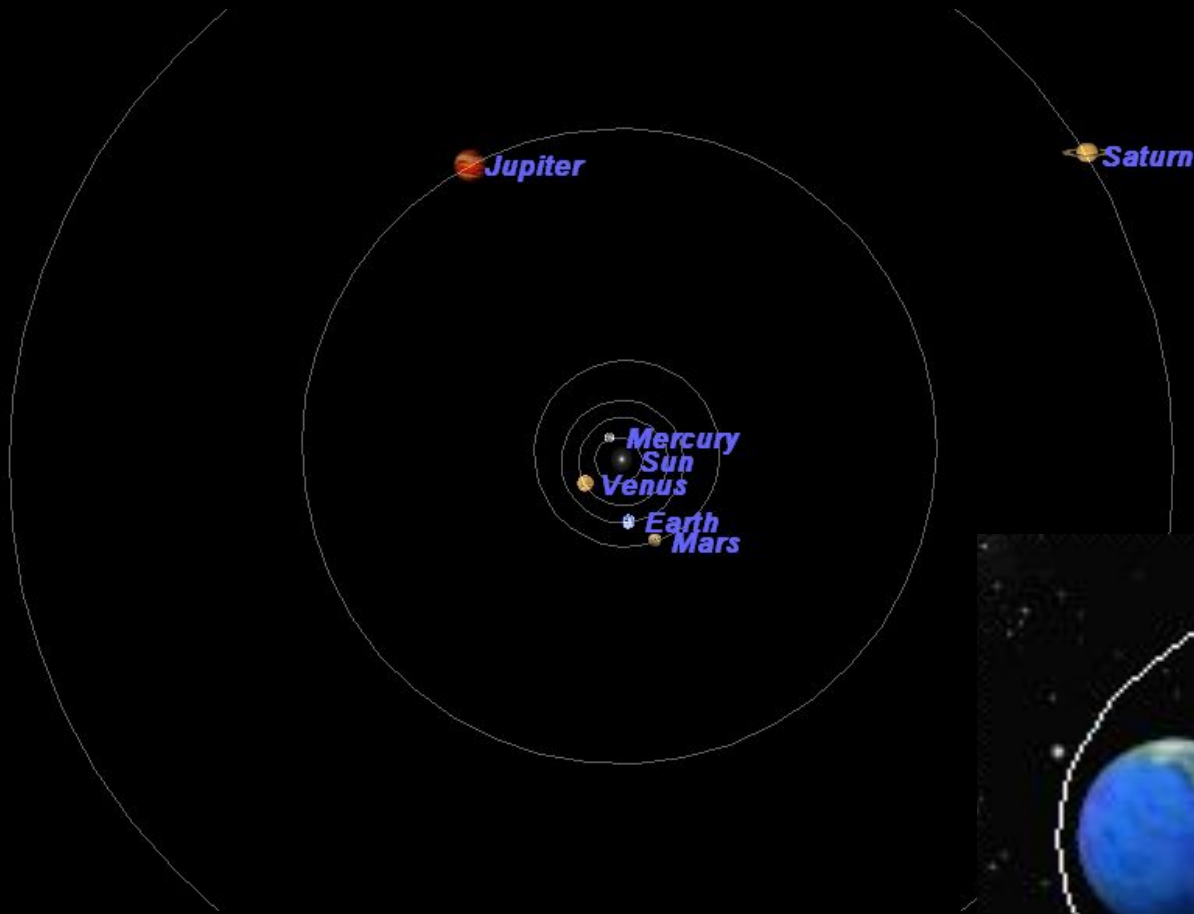
Степень отличия эллипса от окружности характеризует его **эксцентриситет**, равный отношению расстояний между фокусами к большой оси:

$$e = F_1F_2 / A_1A_2.$$

При совпадении фокусов ( $e = 0$ ) эллипс превращается в *окружность*.



Законы Кеплера применимы не только к движению планет, но и к движению их естественных и искусственных спутников.



## Первый закон Кеплера:

Каждая планета движется по эллипсу,  
в одном из фокусов которого находится Солнце.

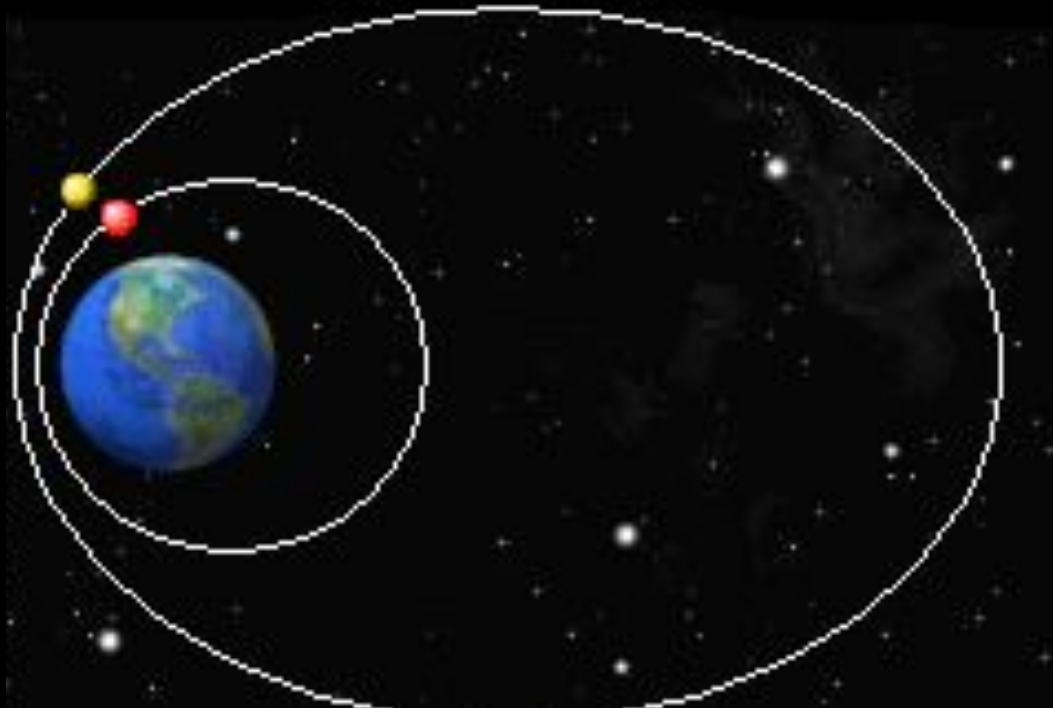
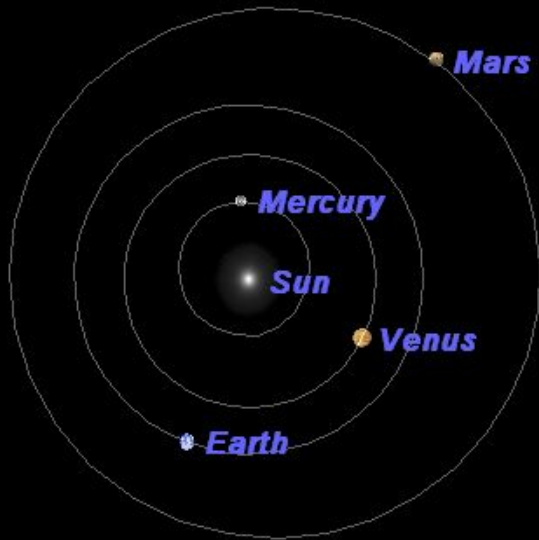


Иллюстрация первого закона Кеплера  
на примере движения спутников Земли

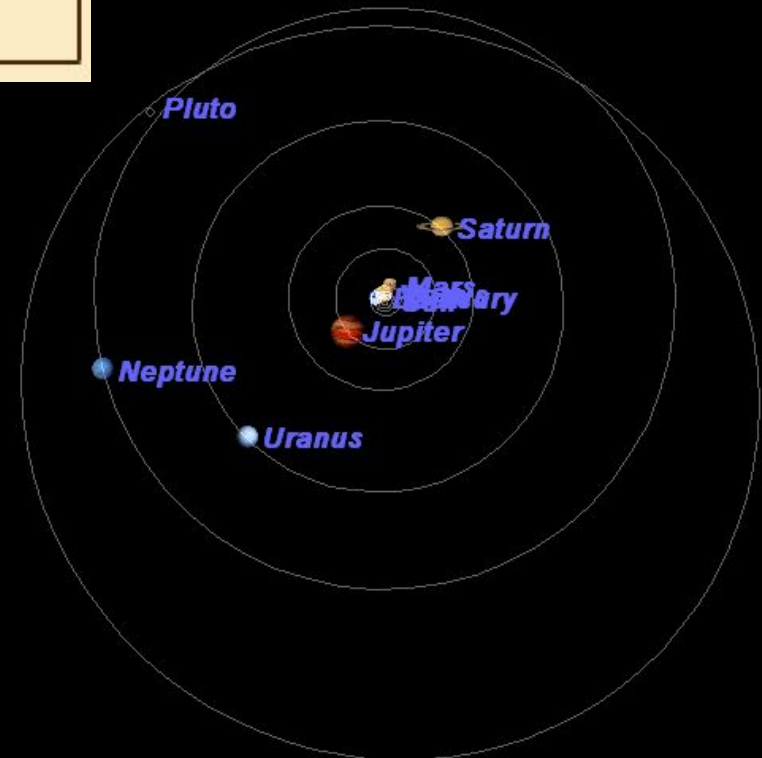


Орбиты планет – эллипсы, мало отличающиеся от окружностей, так как их эксцентриситеты малы.



Название	Эксцентриситет
Меркурий	0,206
Венера	0,007
Земля	0,017
Марс	0,093

Название	Эксцентриситет
Юпитер	0,049
Сатурн	0,057
Уран	0,046
Нептун	0,011
Плутон	0,244



Большая полуось орбиты планеты – это ее среднее расстояние от Солнца.

Среднее расстояние Земли от Солнца принято в астрономии за единицу расстояния и называется *астрономической единицей*:

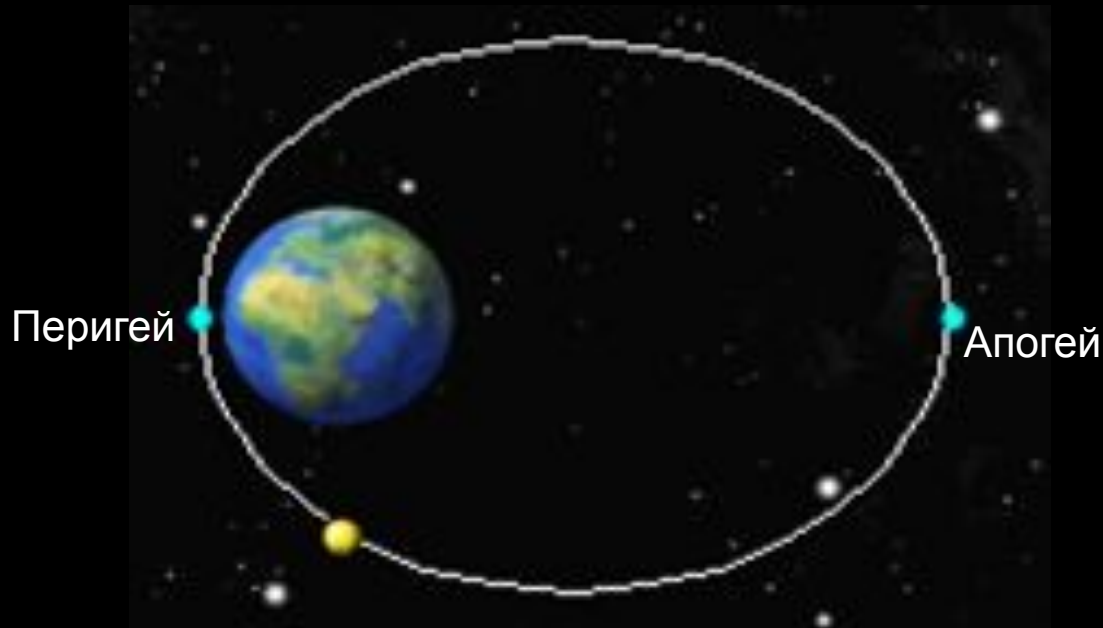
$$1 \text{ а.е.} = 149\,600\,000 \text{ км.}$$

Ближайшую к Солнцу точку орбиты называют *перигелием* (греч. *пери* – возле, около; *Гелиос* – Солнце), а наиболее удаленную – *афелием* (греч. *апо* – вдали).



По эллипсам движутся не только планеты,  
но и их естественные и искусственные спутники.

Ближайшая к Земле точка орбиты Луны или искусственного спутника Земли называется **перигеем** (греч. *Гея* или *Ге* – Земля), а наиболее удаленная – **апогеем**.



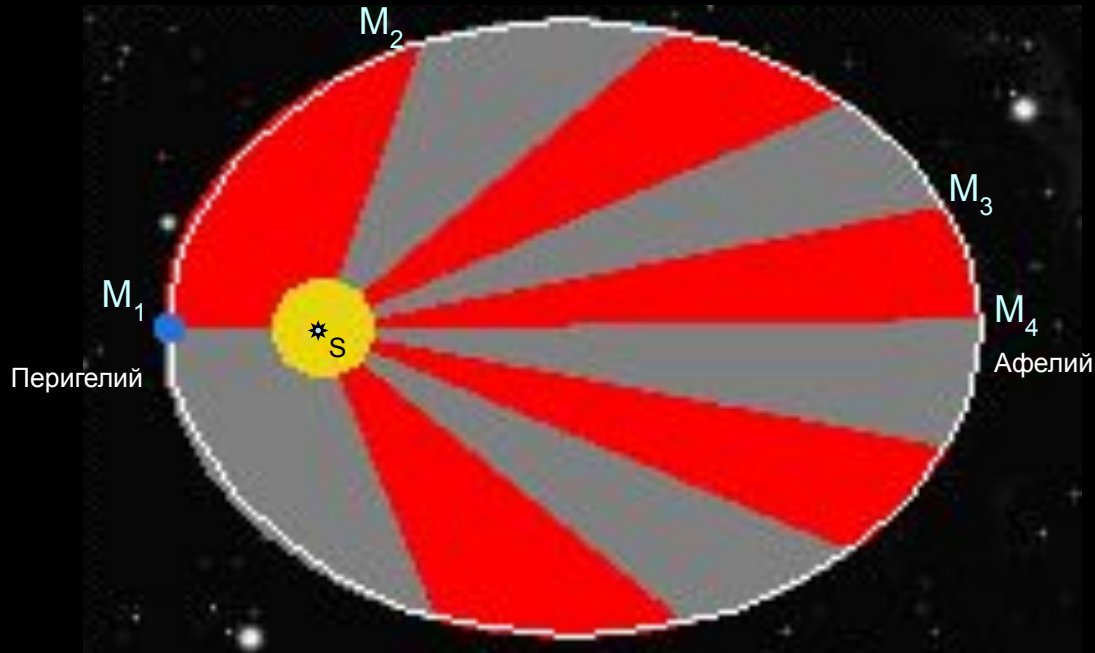
***Второй закон Кеплера (закон равных площадей):***  
Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.



Иллюстрация второго закона Кеплера  
на примере движения спутника Земли

Планеты движутся вокруг Солнца неравномерно:

*линейная скорость планет вблизи перигелия больше, чем вблизи афелия.*



У Марса вблизи перигелия скорость равна 26,5 км/с, а около афелия - 22 км/с.

У некоторых комет орбиты настолько вытянуты, что вблизи Солнца их скорость достигает до 500 км/с, а в афелии снижается до 1 см/с.

## Третий закон Кеплера:

Квадраты сидерических периодов обращений двух планет относятся как кубы больших полуосей их орбит:

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

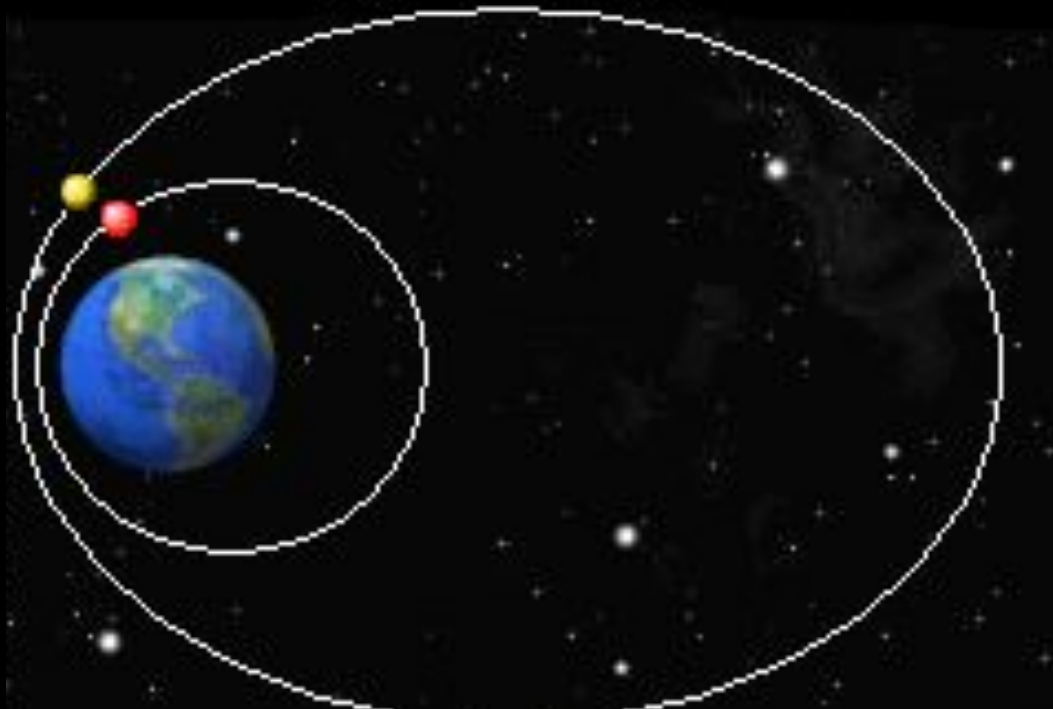


Иллюстрация третьего закона Кеплера  
на примере движения спутников Земли

Скорости близких к Солнцу планет значительно больше, чем скорости далеких.



Кеплер исследовал движения всех известных в то время планет и эмпирически вывел три закона движения планет относительно Солнца.

### Первый закон Кеплера

Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

### Второй закон Кеплера

Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.

### Третий закон Кеплера

Квадраты сидерических периодов обращений двух планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.

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



Какое расстояние называется **астрономической единицей**?

Среднее расстояние Земли от Солнца называется астрономической единицей.

Чему равна **одна астрономическая единица**?

$$1 \text{ а.е.} = 149\,600\,000 \text{ км}$$

## Первый закон Кеплера

Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

## Второй закон Кеплера

Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.

## Третий закон Кеплера

Квадраты сидерических периодов обращений двух планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.

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

*Задача.*

Замечено, что противостояния некоторой планеты повторяются через 2 года.

Чему равна большая полуось ее орбиты?

