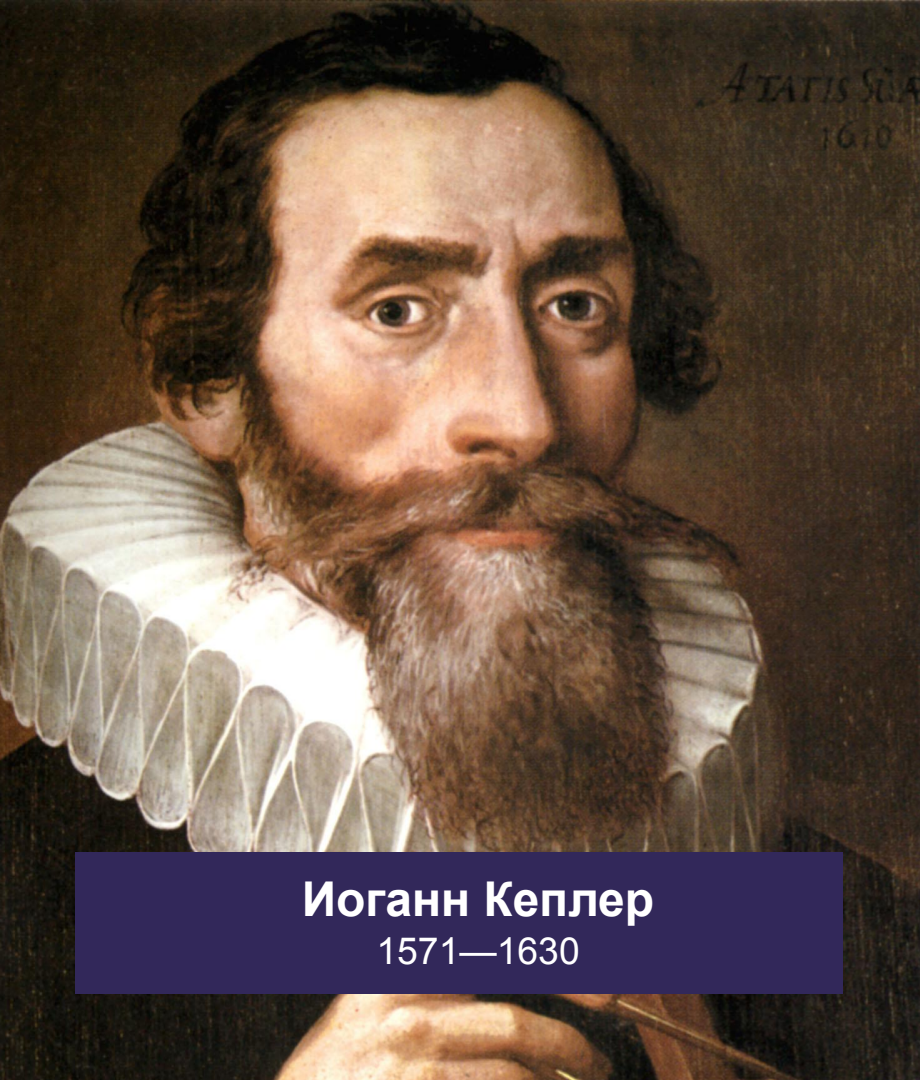
A composite image of the solar system. In the upper right, a large portion of Earth is visible, showing the African continent and surrounding oceans. In the upper left, Saturn is shown with its prominent rings. In the lower right, the reddish-orange surface of Mars is visible, showing various craters and geological features. The background is a dark space filled with numerous small white stars.

# Законы движения планет Солнечной системы

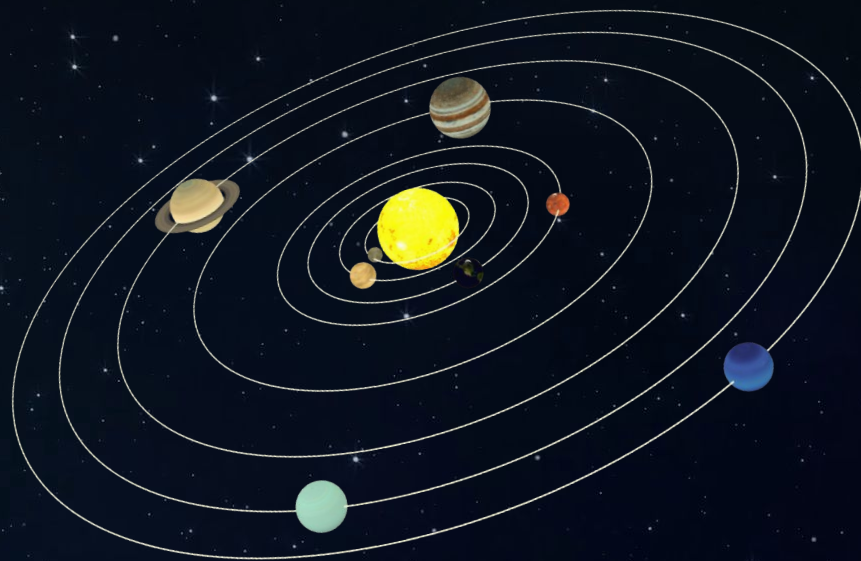
Строение Солнечной системы

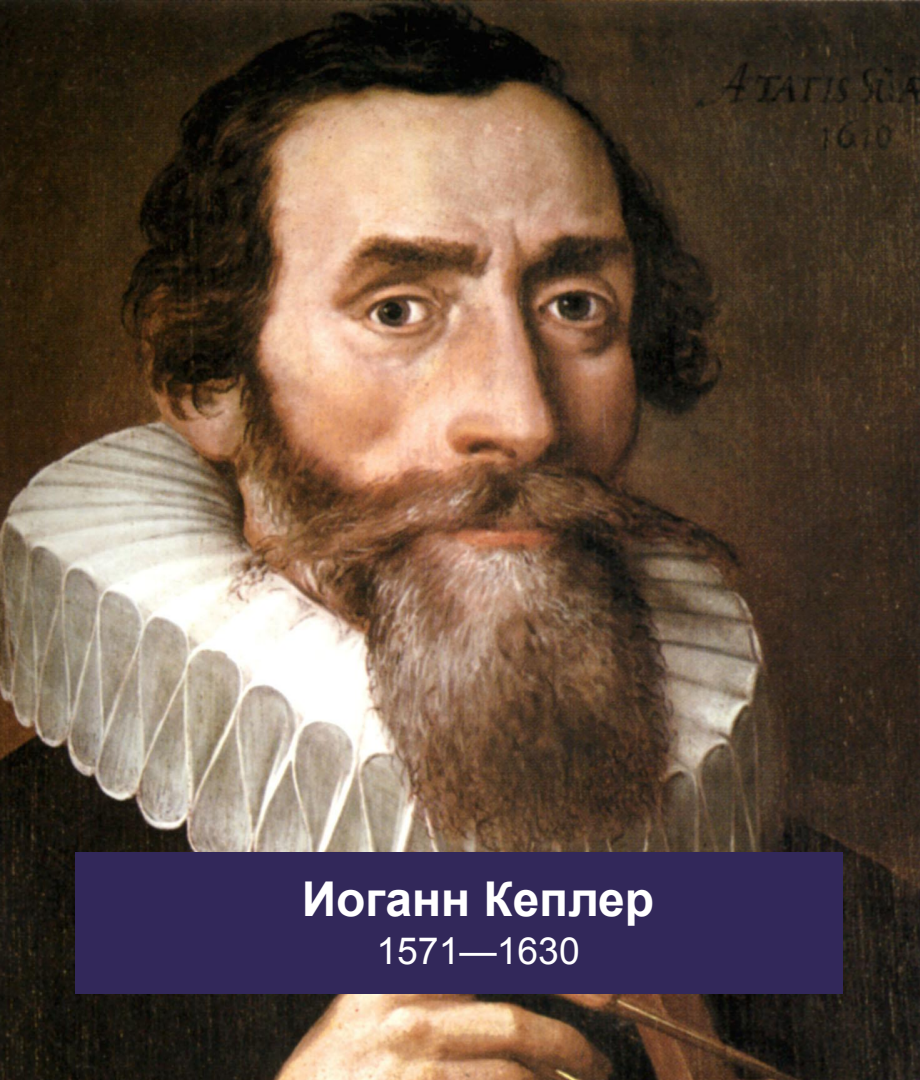


**Иоганн Кеплер**

1571—1630

В мире правит число!

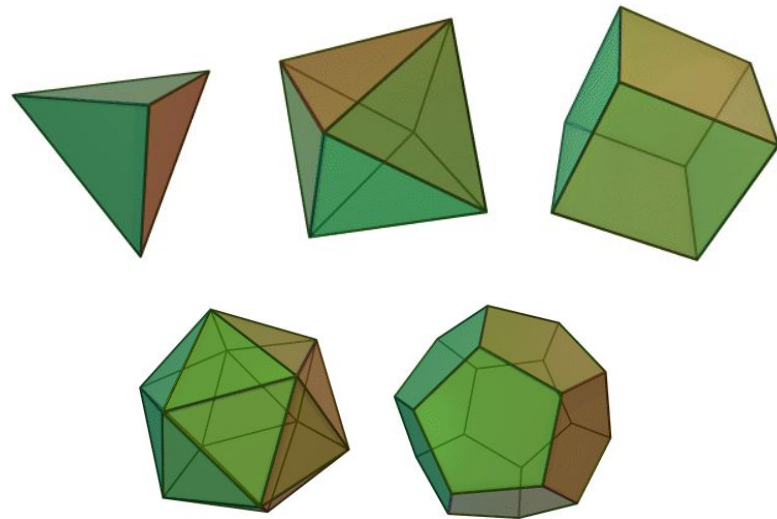


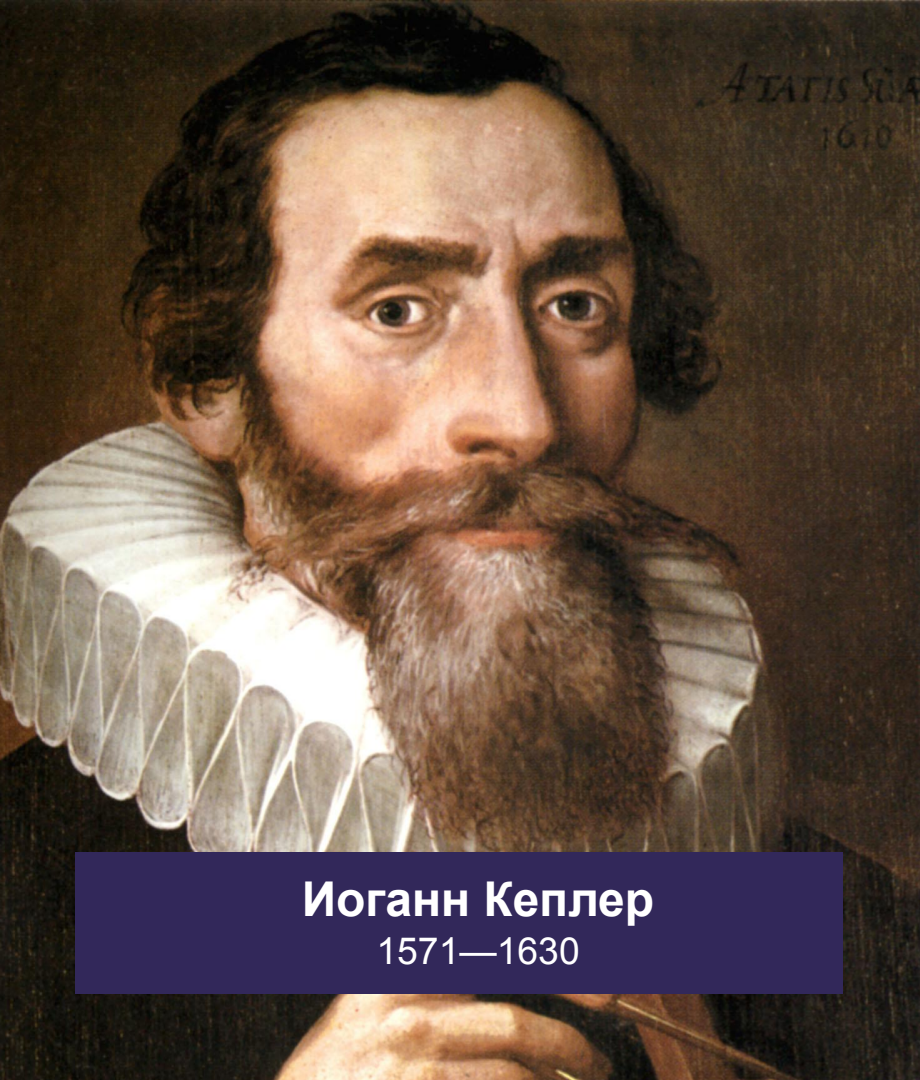


**Иоганн Кеплер**

1571—1630

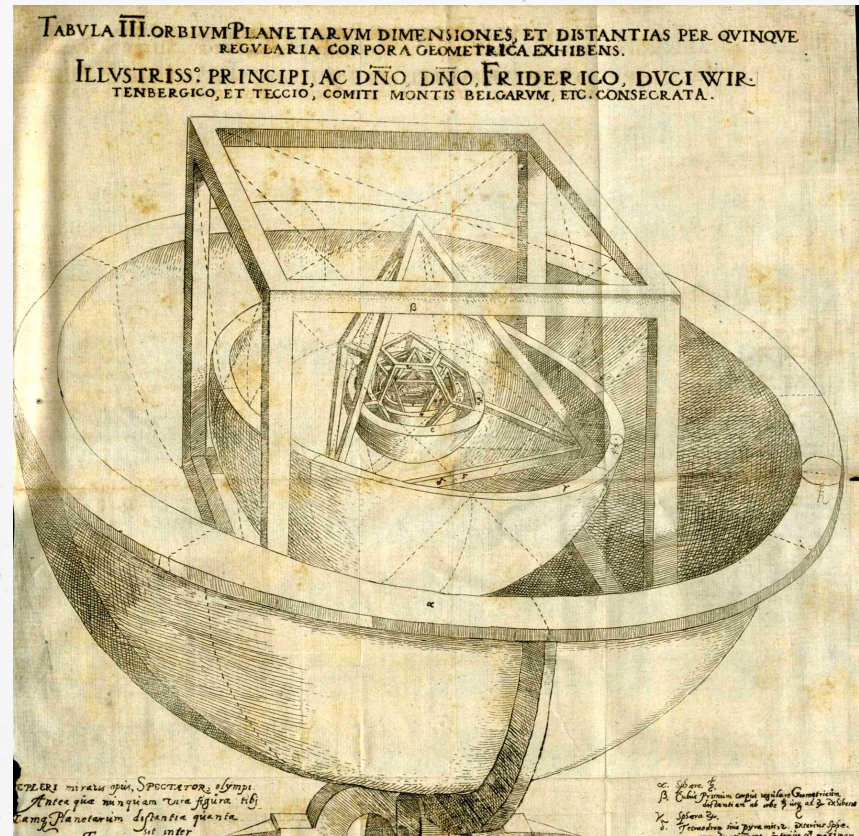
«В геометрии имеются пять евклидовых тел, совершеннейший род фигур после сферы. По их образцу и прообразу устроена наша планетная система».





Иоганн Кеплер

1571—1630



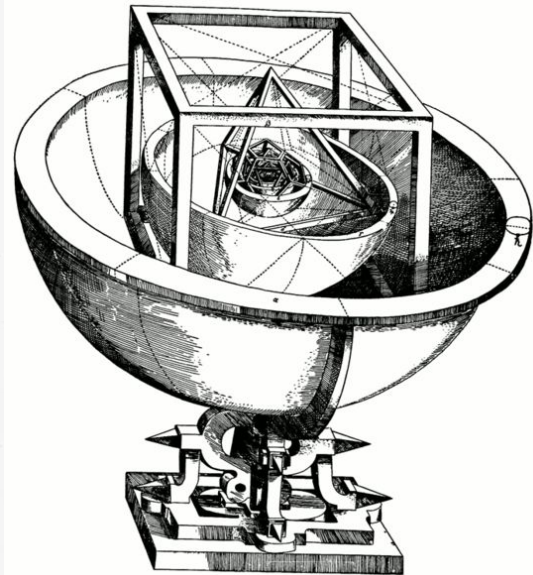
«Кубок Кеплера»

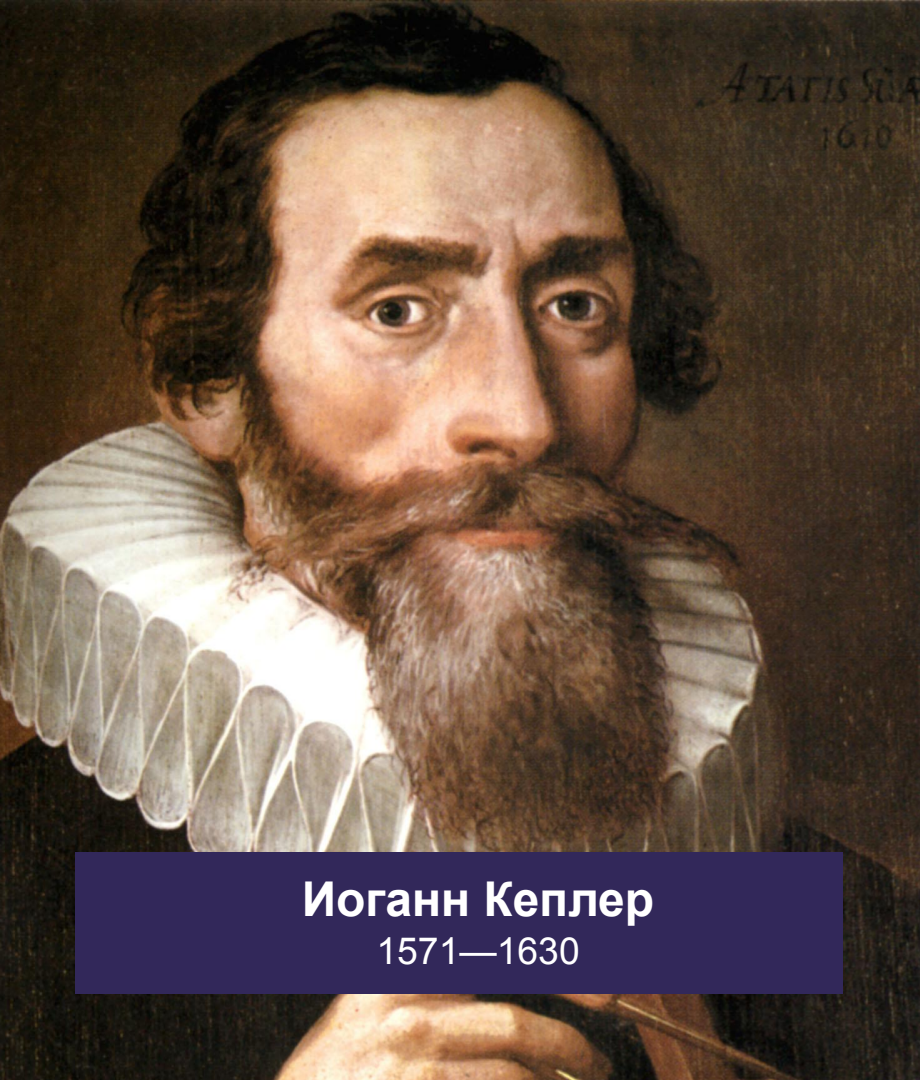


**Джон Холдейн**

1892—1964

«Идея Вселенной как геометрически совершенного произведения искусства оказалась ещё одной прекрасной гипотезой, разрушенной уродливыми фактами».

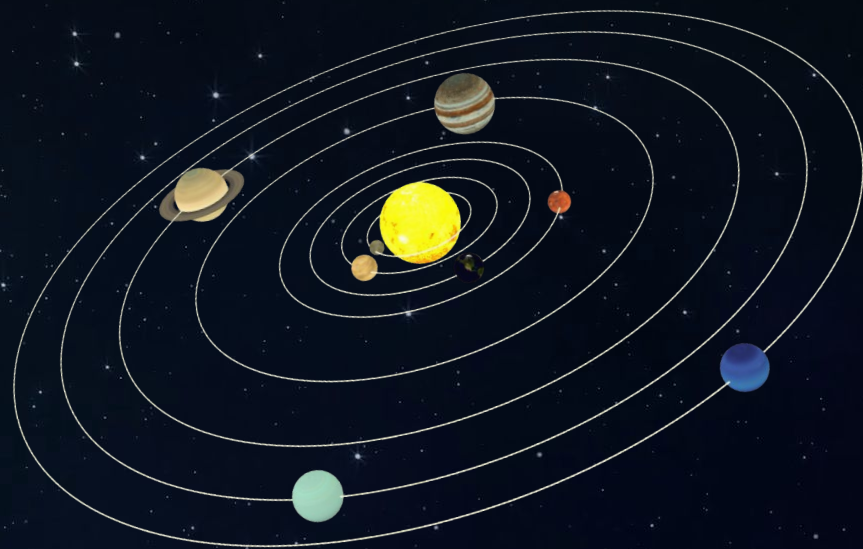




**Иоганн Кеплер**

1571—1630

Как по данным наблюдений  
определить орбиту и скорость  
движения других планет?



# Законы Кеплера

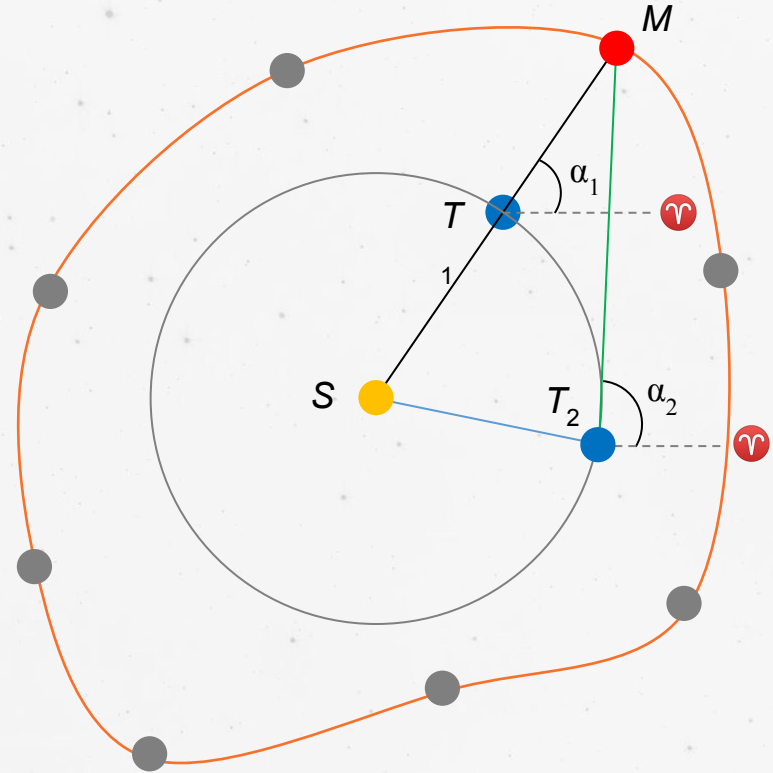
S — Солнце.

M — Марс.

$T_1$  — Земля в момент  
противостояния с Марсом.

Сидерический период Марса равен  
686,98 сут.

Сидерический период Земли равен  
365,26 сут.



# Законы Кеплера

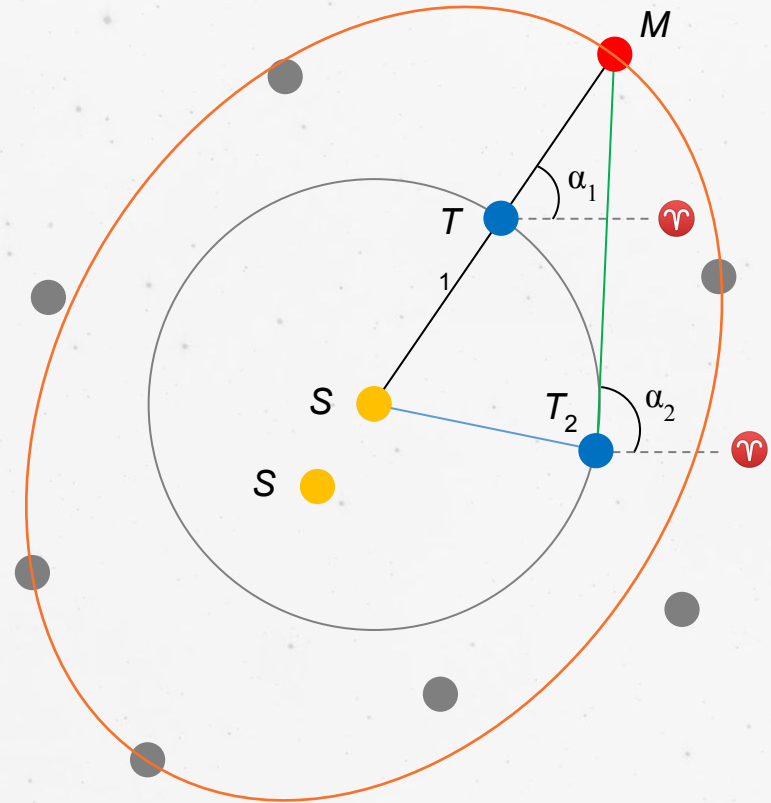
Возможные решения проблемы:

1) Орбита планеты является окружностью.

Вычисленные координаты Марса расходятся с наблюдением.

2) Орбита планеты действительно не является круговой

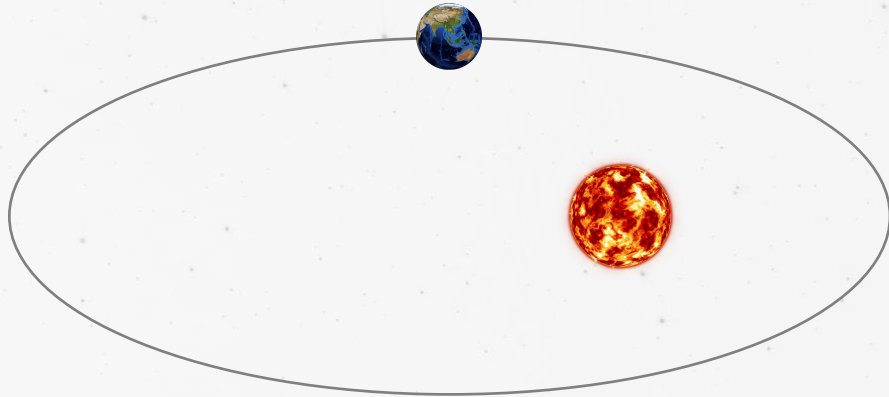
Все наблюдения являются правильными.





# Первый закон Кеплера

Все планеты обращаются по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

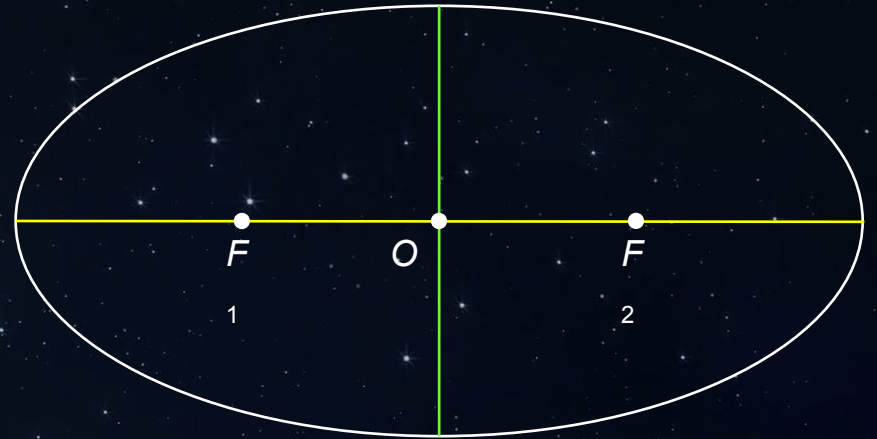


И. Кеплер

# Законы Кеплера

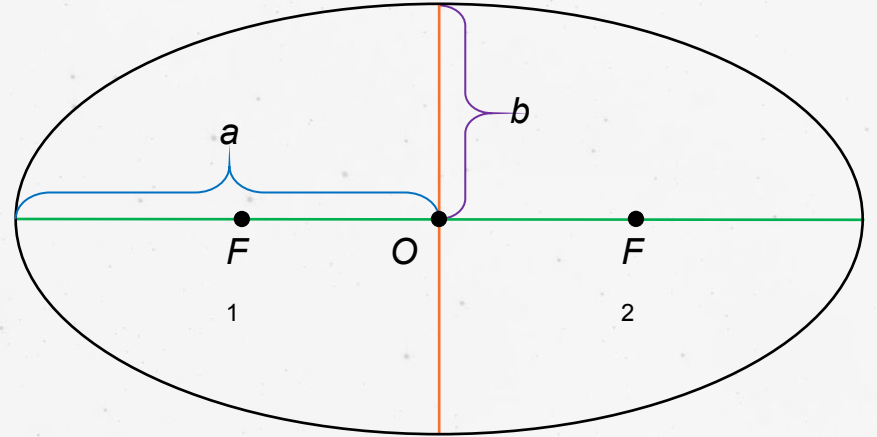
Проходящий через фокусы эллипса отрезок, концы которого лежат на эллипсе, называется его **большой осью**.

Отрезок, проходящий через центр эллипса перпендикулярно большой оси, называется **малой осью эллипса**.



# Законы Кеплера

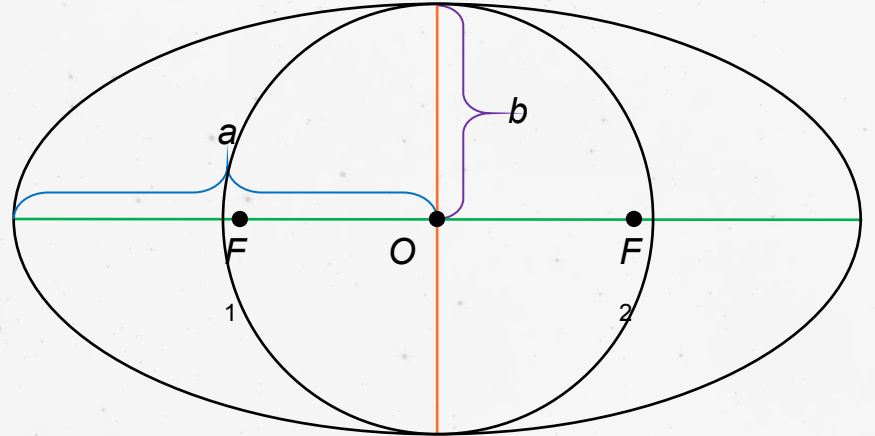
Отрезки, проведённые из центра эллипса к вершинам на большой и малой осях, называются большой и малой полуосями эллипса.



# Законы Кеплера

Эксцентриситет —  
числовая характеристика эллипса,  
показывающая степень его  
отклонения от окружности.

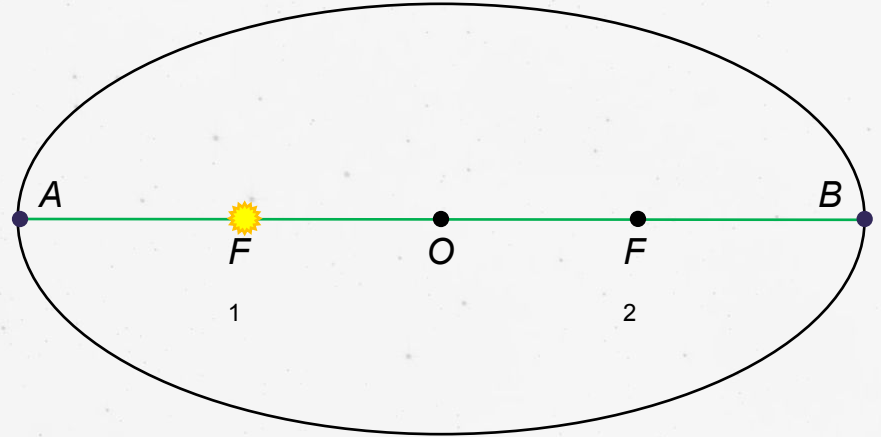
$$e = \frac{F_1F_2}{2a} = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$$



# Законы Кеплера

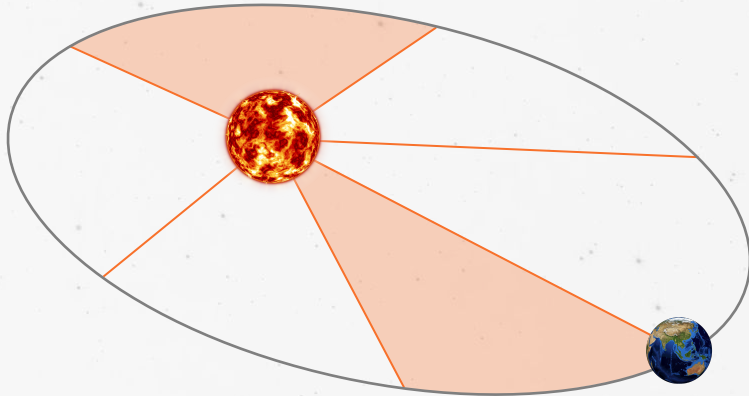
Перигелий —  
ближайшая к Солнцу точка орбиты  
планеты.

Афелий —  
наиболее удалённая от Солнца точка  
орбиты планеты.



## Второй закон Кеплера

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



И. Кеплер

# Законы Кеплера

Закон сохранения энергии:  
полная механическая энергия  
замкнутой системы тел, между  
которыми действуют силы тяготения,  
остаётся неизменной при любых  
движениях тел этой системы.

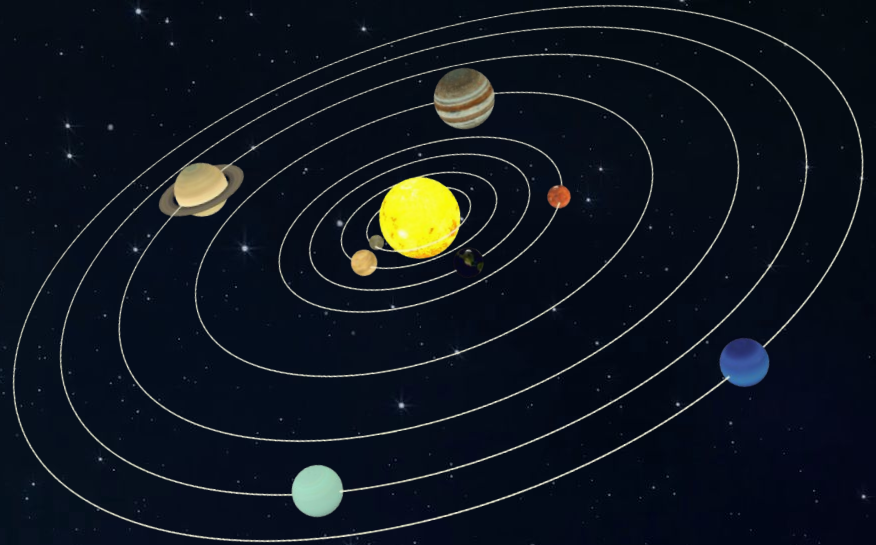
$$W = W_K + W_{\Pi}$$



$W_{\Pi}$   $W_K$

# Законы Кеплера

Скорость движения планеты по орбите **меняется**, принимая максимальное значение в перигелии и минимальное в афелии.





## Третий закон Кеплера (1618 г.)

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

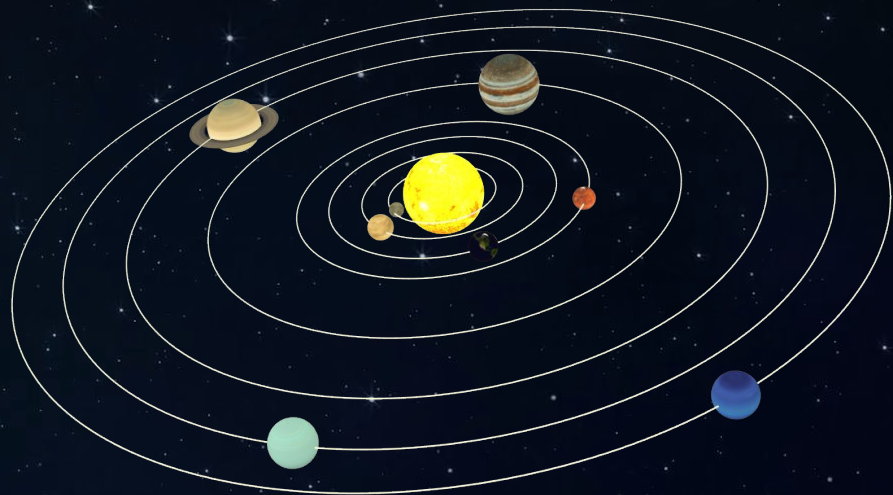


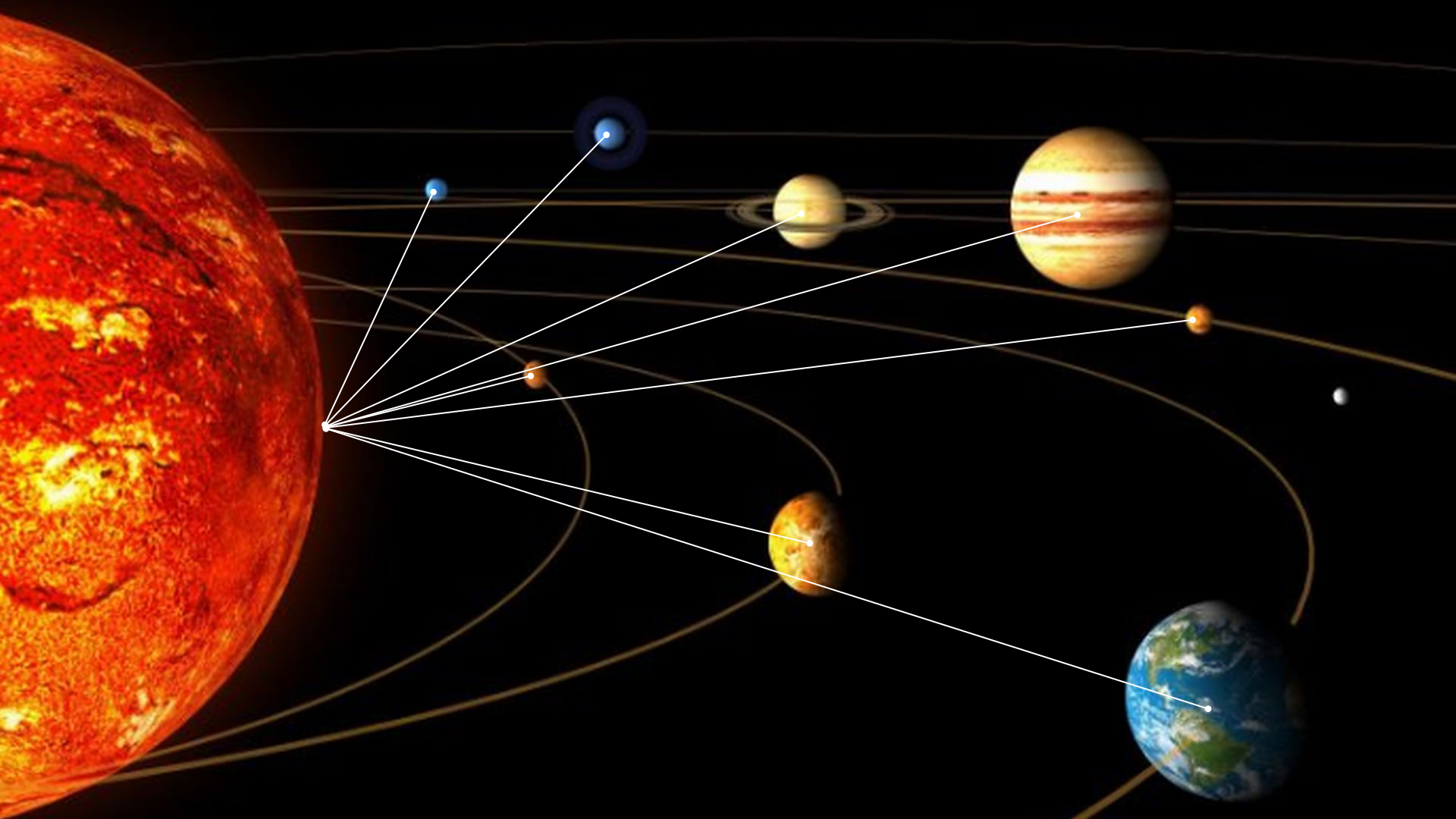
И. Кеплер

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



«То, что 16 лет тому назад я решил  
искать, <...> наконец найдено, и это  
открытие превзошло все мои самые  
смелые ожидания...»

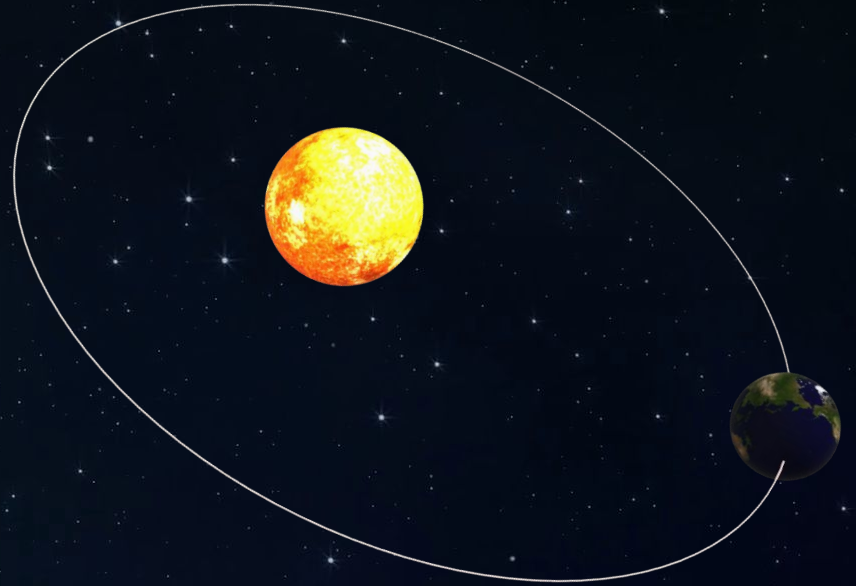




# Законы Кеплера

Астрономическая единица —  
единица измерения, равная  
среднему расстоянию от Земли до  
Солнца.

$$1 \text{ а. е.} = 149\,597\,870\,700 \text{ м}$$





Первый закон Кеплера (1605):  
все планеты движутся по  
эллиптическим орбитам, в одном из  
фокусов которых находится Солнце.

Второй закон Кеплера (1602):  
радиус-вектор планеты описывает в  
равные промежутки времени  
равновеликие площади.

Третий закон Кеплера (1618):  
квадраты периодов обращения планет  
относятся как кубы больших полуосей  
их орбит:

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

# Законы Ньютона

Закон всемирного тяготения: любые два тела притягивают друг друга силами, прямо пропорциональными произведению масс этих тел и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}$$

**Задача.** Определите период обращения астероида Россия, если большая полуось его орбиты равна  $2,55 \text{ а. е.}$

**ДАНО**

$$a = 2,55 \text{ а. е.}$$

$$a_{\oplus} = 1 \text{ а. е.}$$

$$T_{\oplus} = 1 \text{ год}$$

$$T = ?$$

**РЕШЕНИЕ**

Третий закон Кеплера: 
$$\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a^3}{a_{\oplus}^3}.$$

Так как  $a_{\oplus} = 1 \text{ а. е.}$ , а  $T_{\oplus} = 1 \text{ год}$ , то  $T^2 = a^3$ .

Период обращения астероида: 
$$T = \sqrt{a^3} = a\sqrt{a}.$$

$$T = 2,55 \text{ а. е.} \cdot \sqrt{2,55 \text{ а. е.}} \cong 4 \text{ года.}$$

**ОТВЕТ:** период обращения астероида Россия равен 4 годам.

