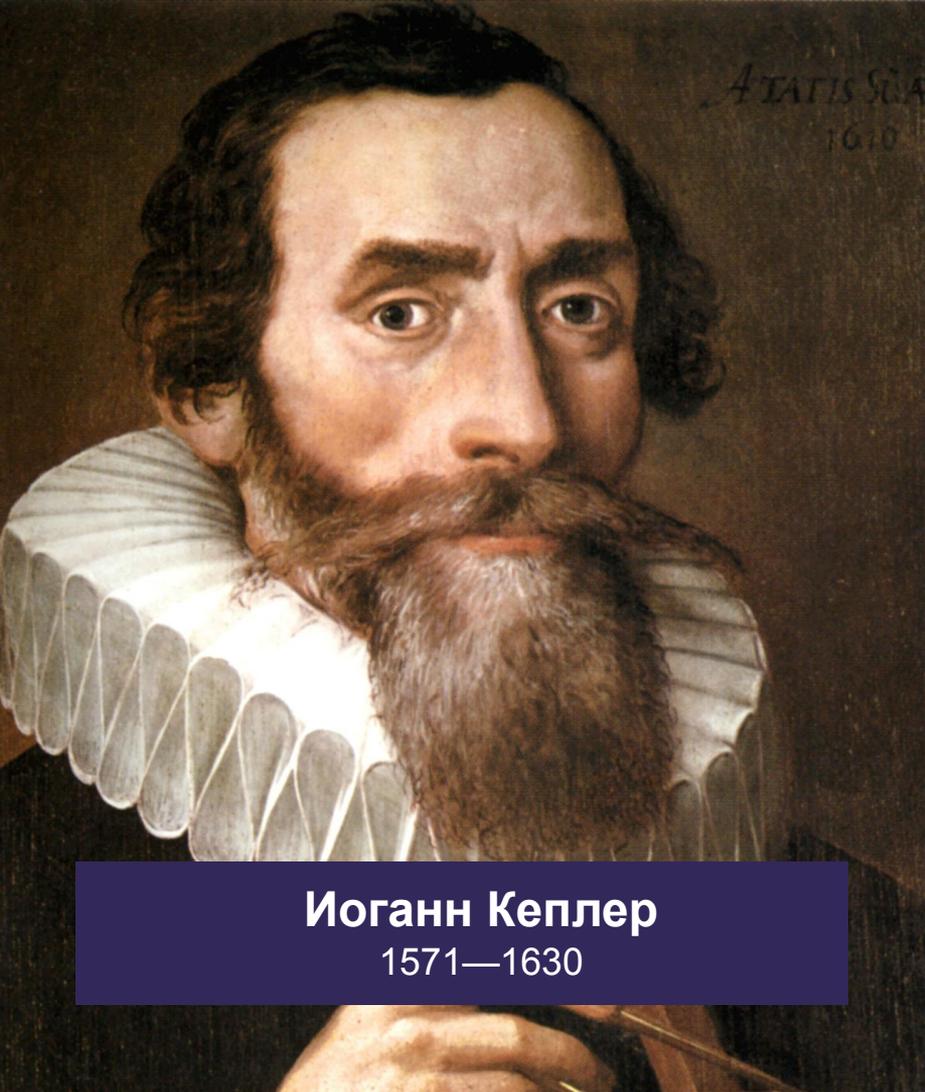


A composite image of the solar system. In the upper right, a large portion of Earth is visible, showing the African continent and surrounding oceans. In the upper left, Saturn is shown with its prominent ring system. In the lower right, the reddish-orange surface of Mars is visible, showing various craters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

Законы движения планет Солнечной системы

Строение Солнечной системы

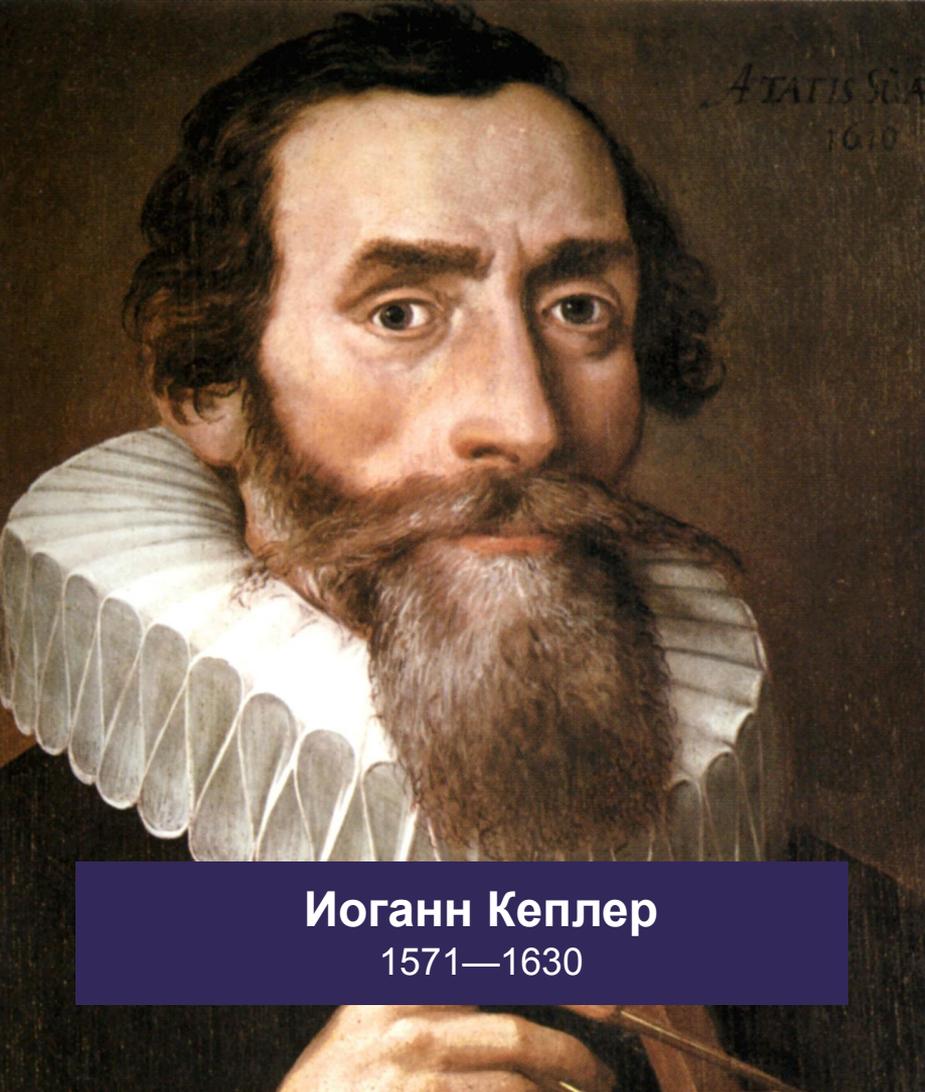


Иоганн Кеплер

1571—1630

В мире правит число!

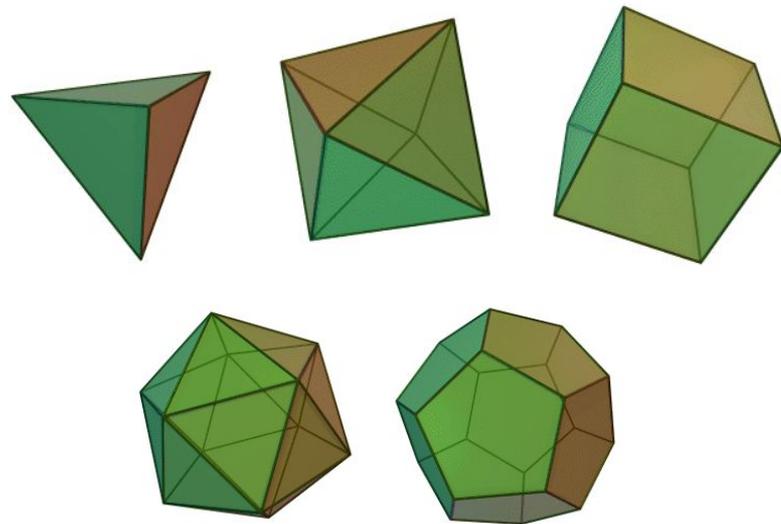


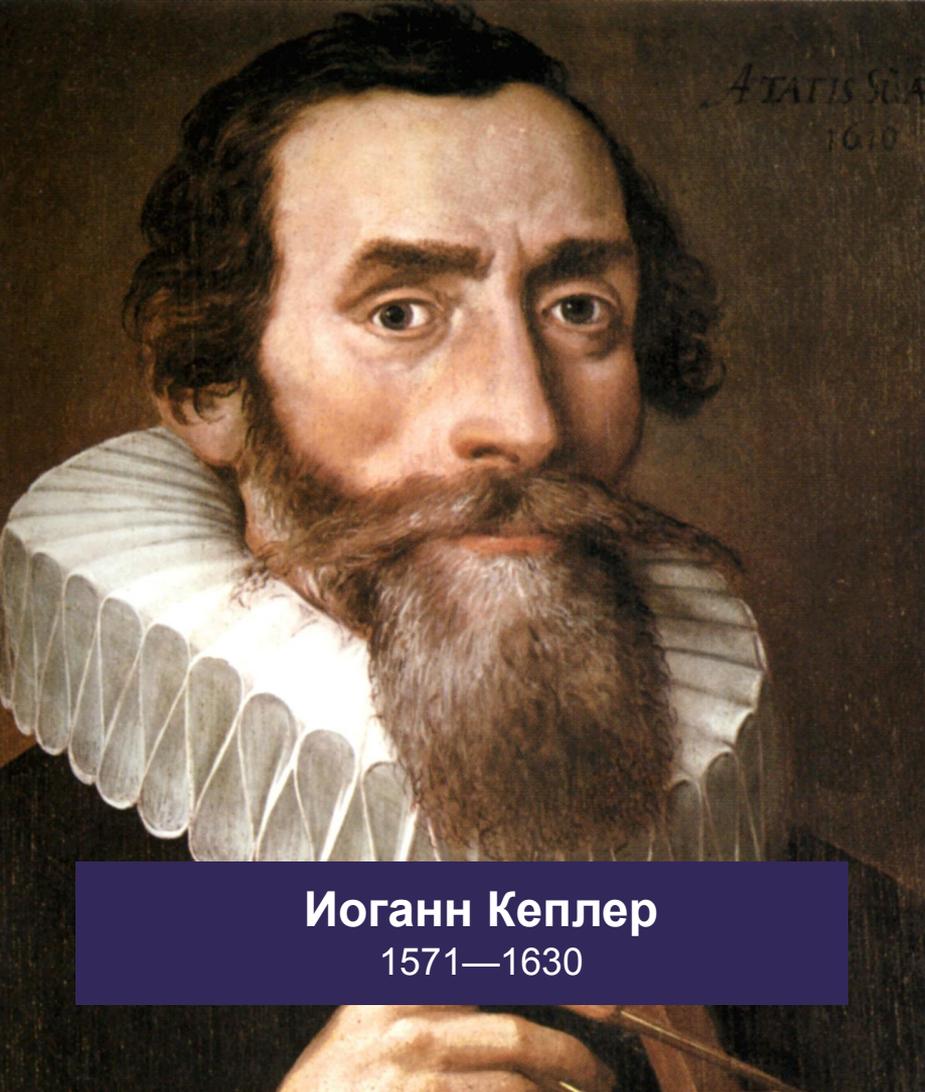


Иоганн Кеплер

1571—1630

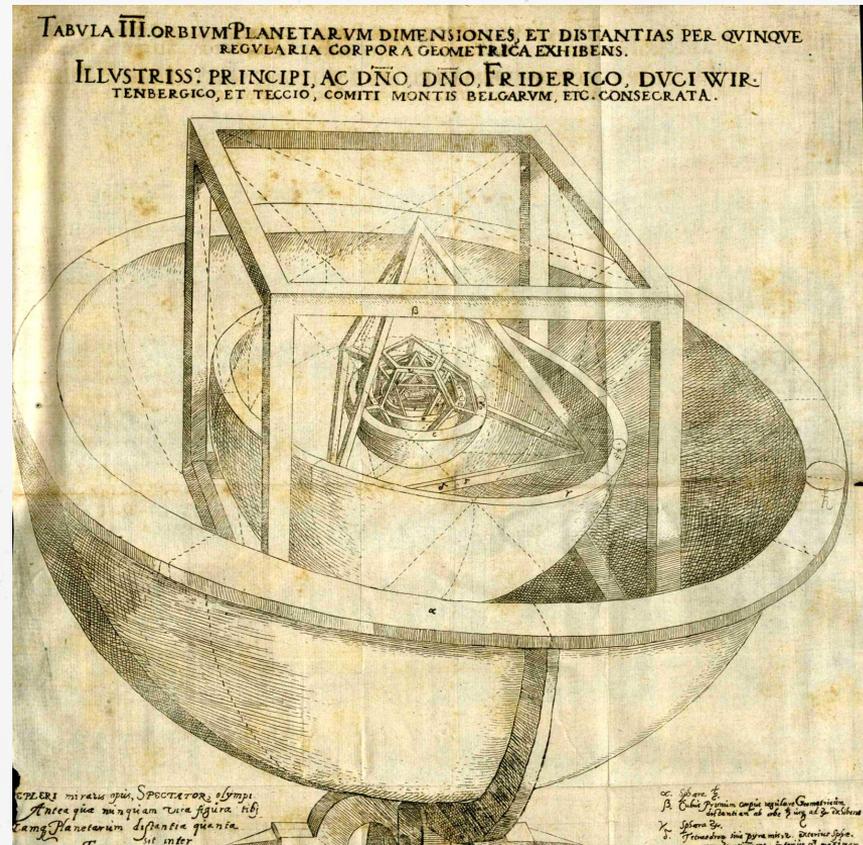
«В геометрии имеются пять евклидовых тел, совершеннейший род фигур после сферы. По их образцу и прообразу устроена наша планетная система».





Иоганн Кеплер

1571—1630

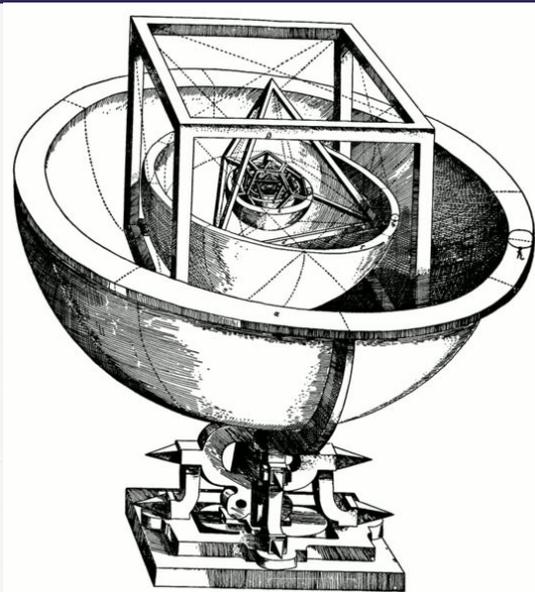


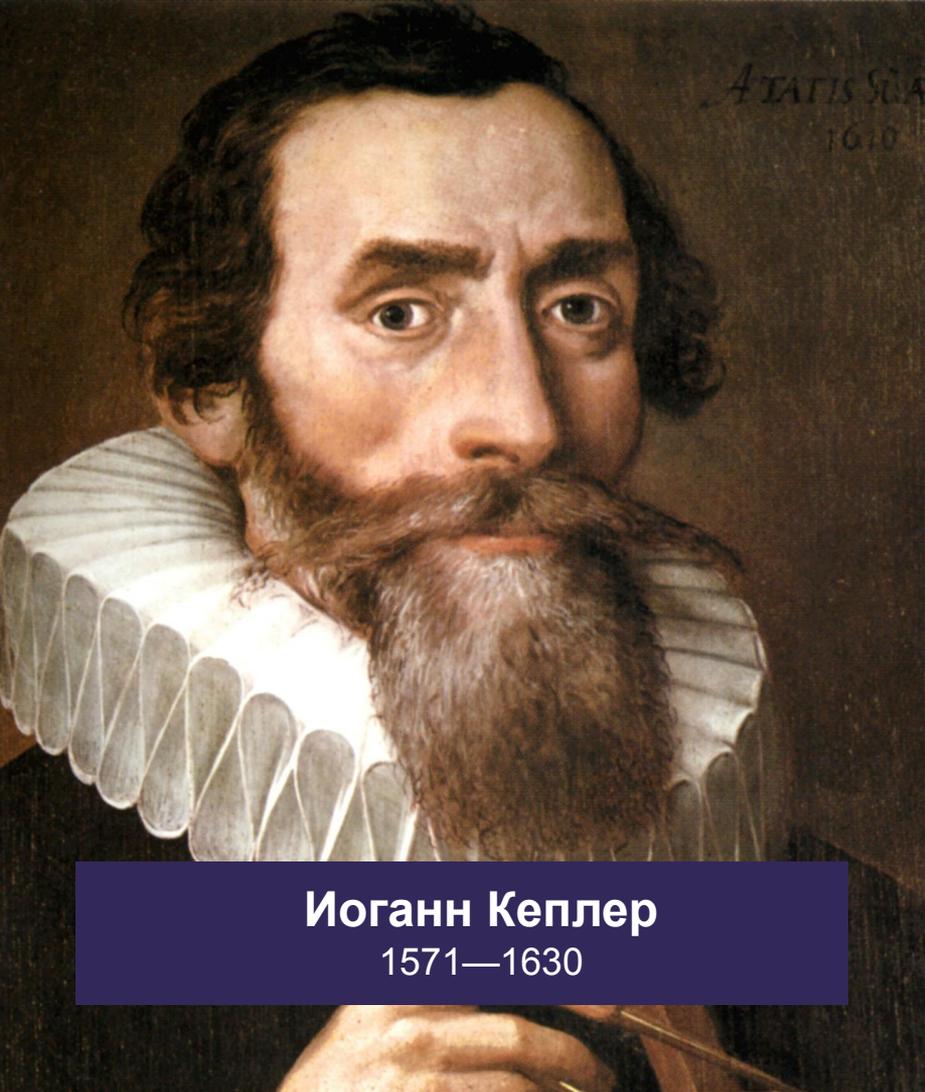
«Кубок Кеплера»



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

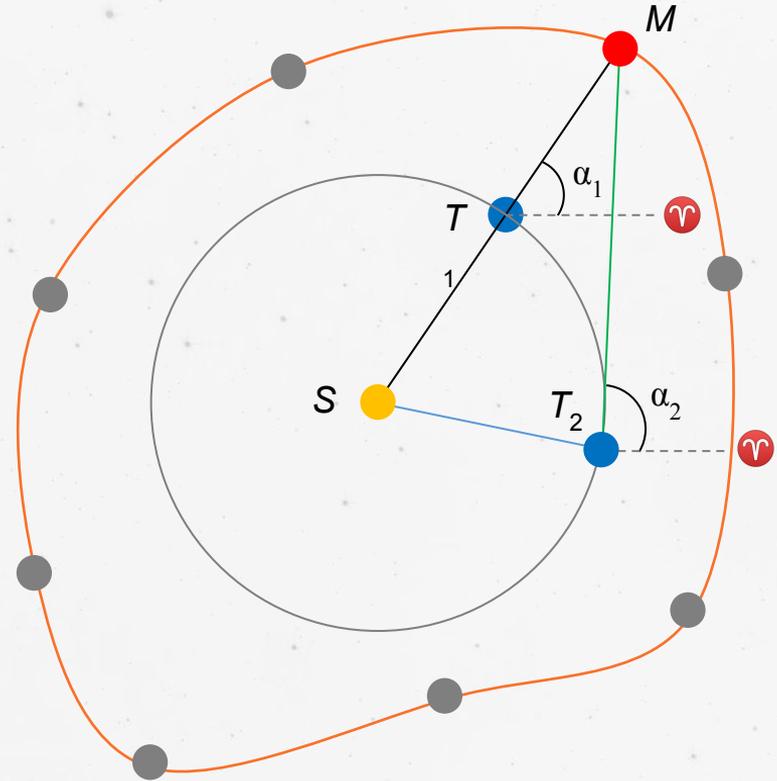
S — Солнце.

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

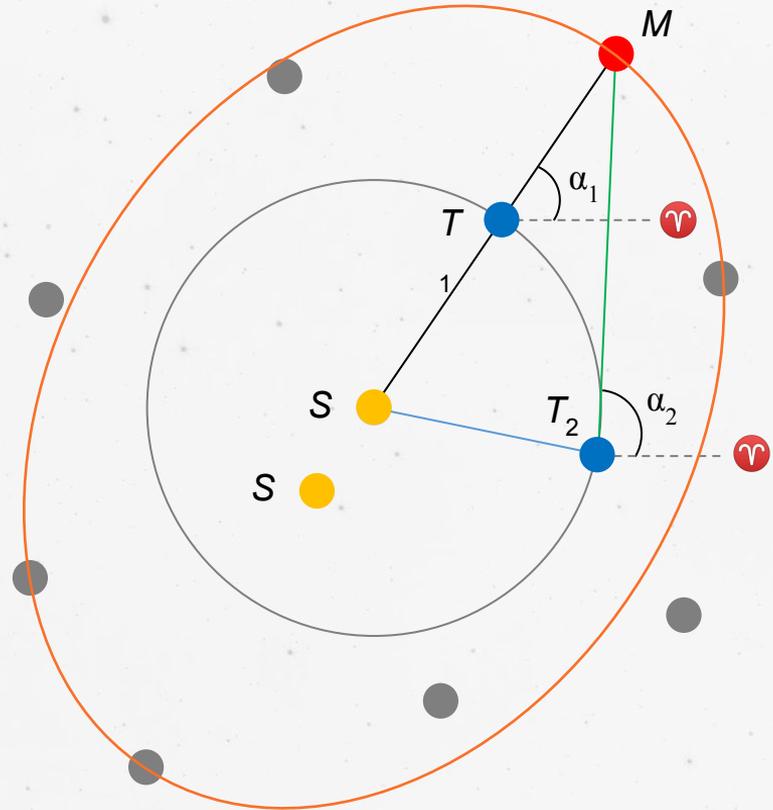
Возможные решения проблемы:

1) Орбита планеты является окружностью.

Вычисленные координаты Марса расходятся с наблюдением.

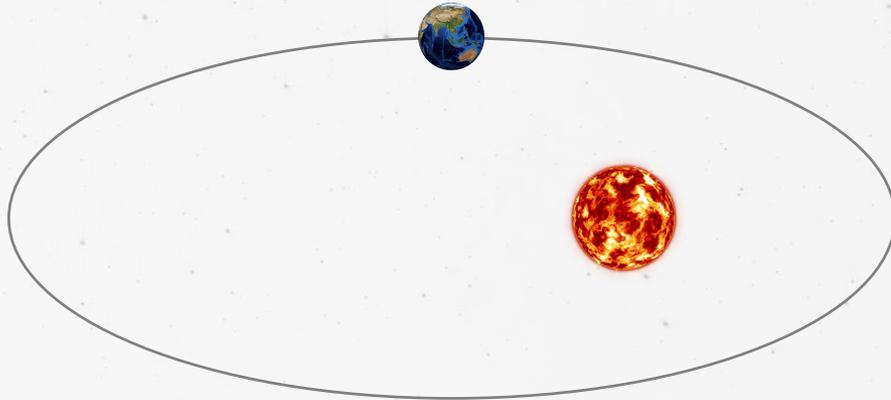
2) Орбита планеты действительно не является круговой

Все наблюдения являются правильными.



Первый закон Кеплера

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

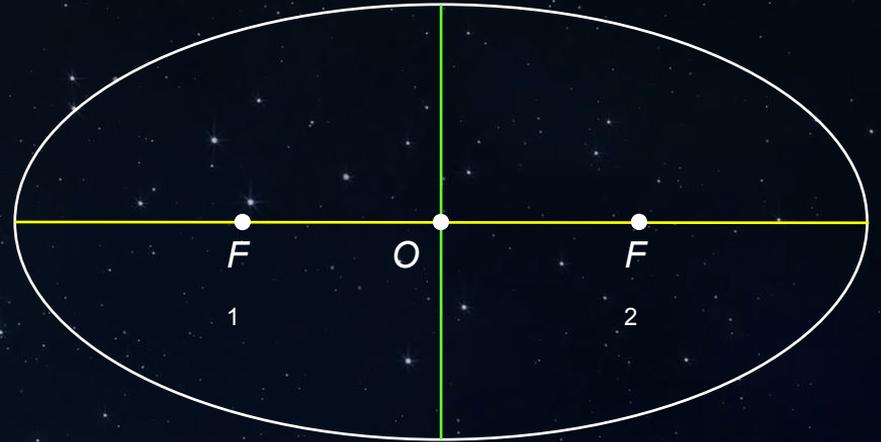


И. Кеплер

Законы Кеплера

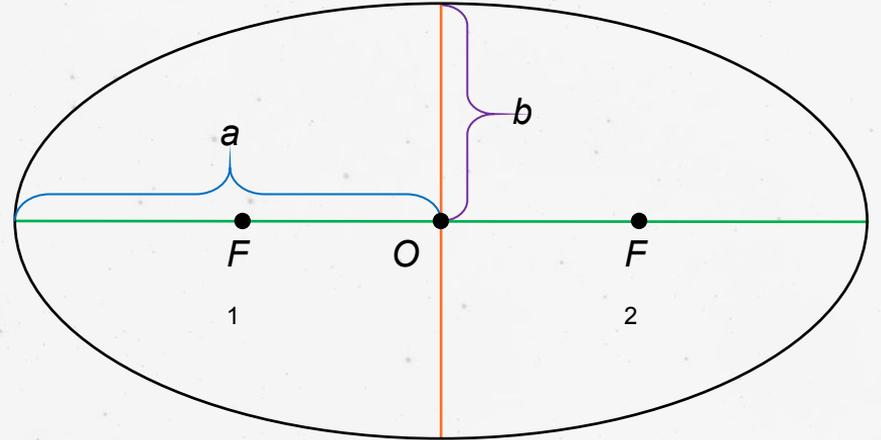
Проходящий через фокусы эллипса отрезок, концы которого лежат на эллипсе, называется его **большой осью**.

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



Законы Кеплера

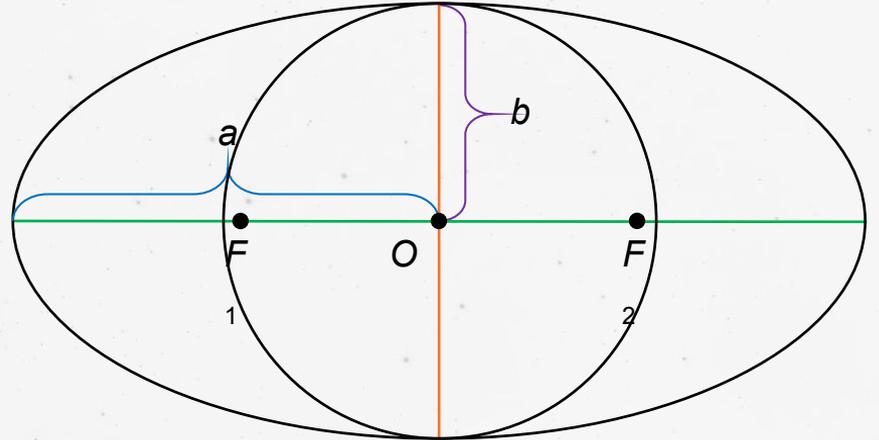
Отрезки, проведённые из центра эллипса к вершинам на большой и малой осях, называются большой и малой полуосями эллипса.



Законы Кеплера

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

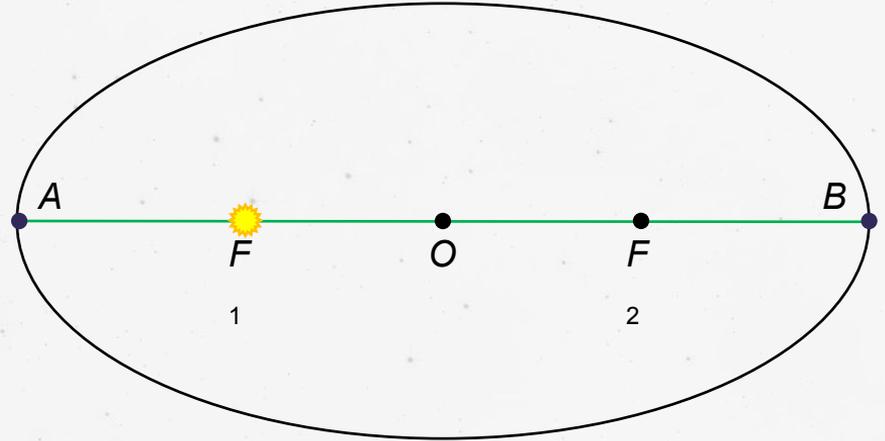
$$e = \frac{F_1F_2}{2a} = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$$



Законы Кеплера

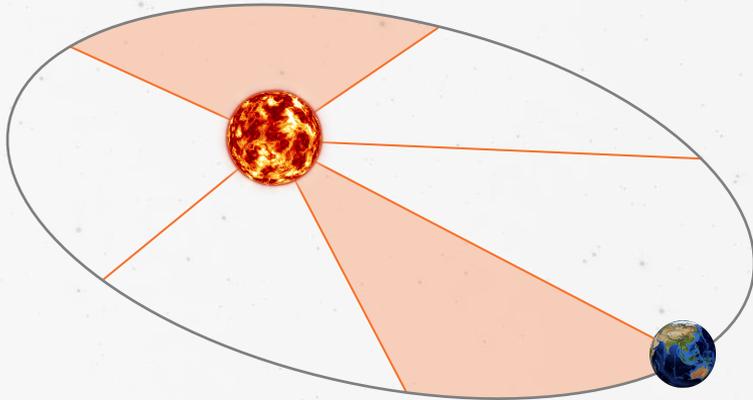
Перигелий —
ближайшая к Солнцу точка орбиты
планеты.

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.

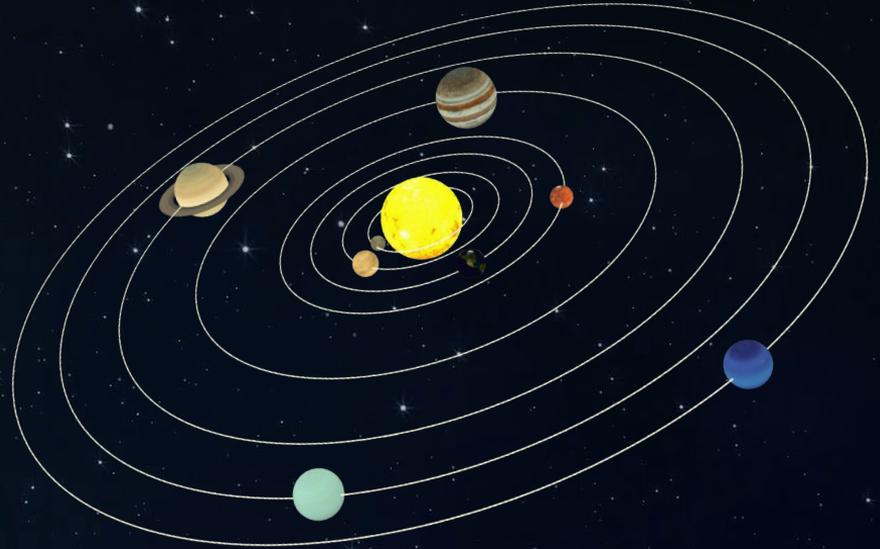
$$W = W_K + W_{\Pi}$$



W_{Π} 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.



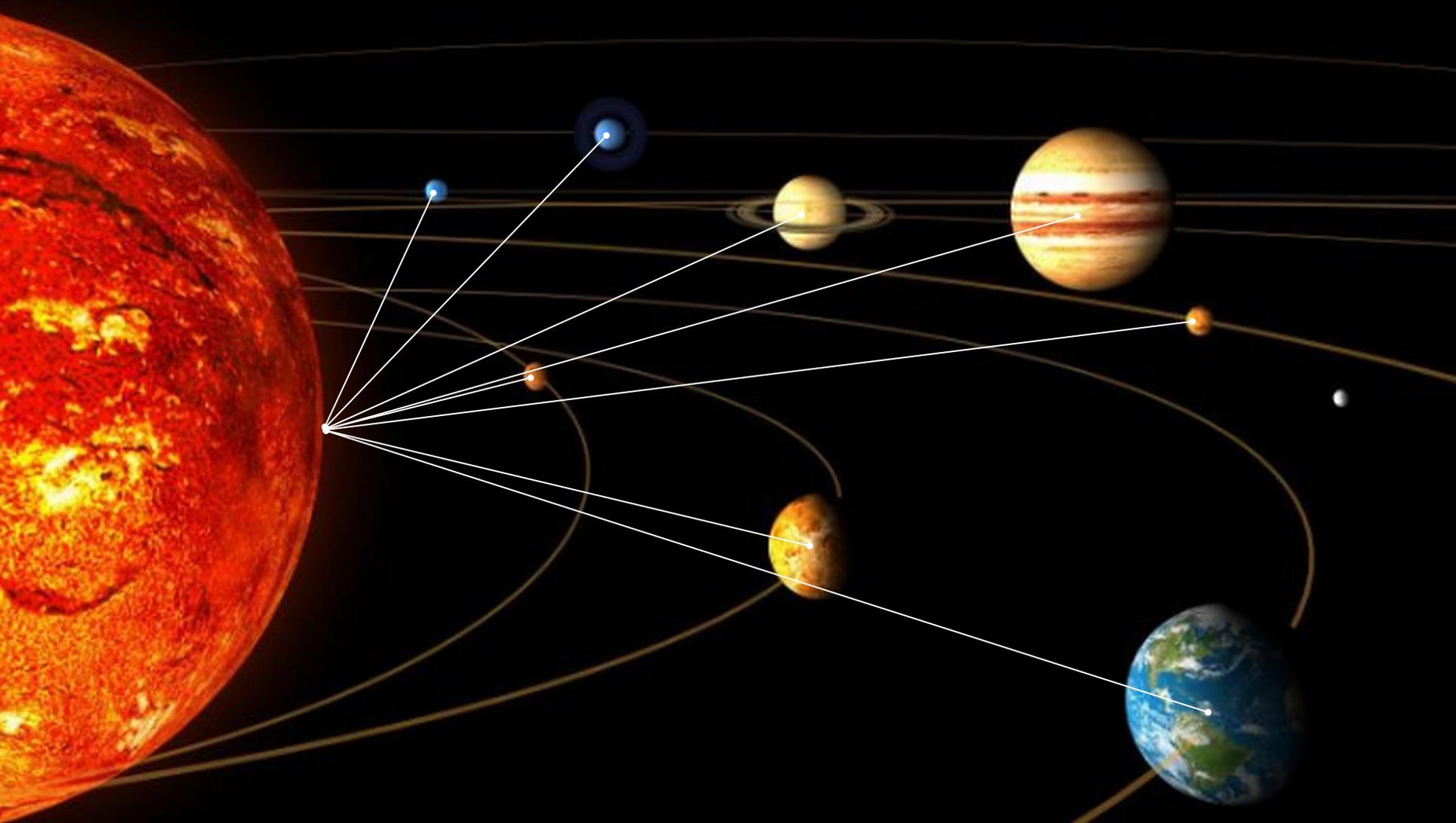
И. Кеплер

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



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

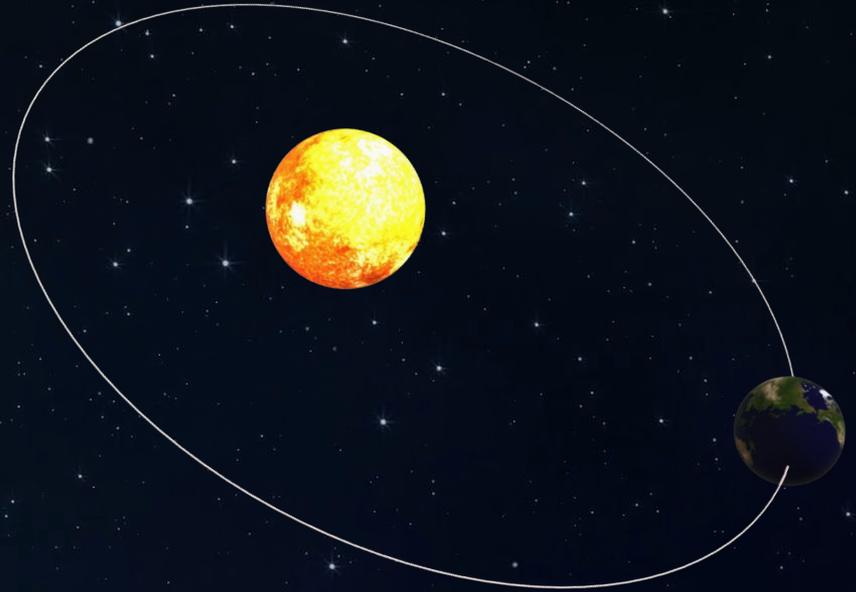




Законы Кеплера

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.

