

# Видимые движения небесных тел

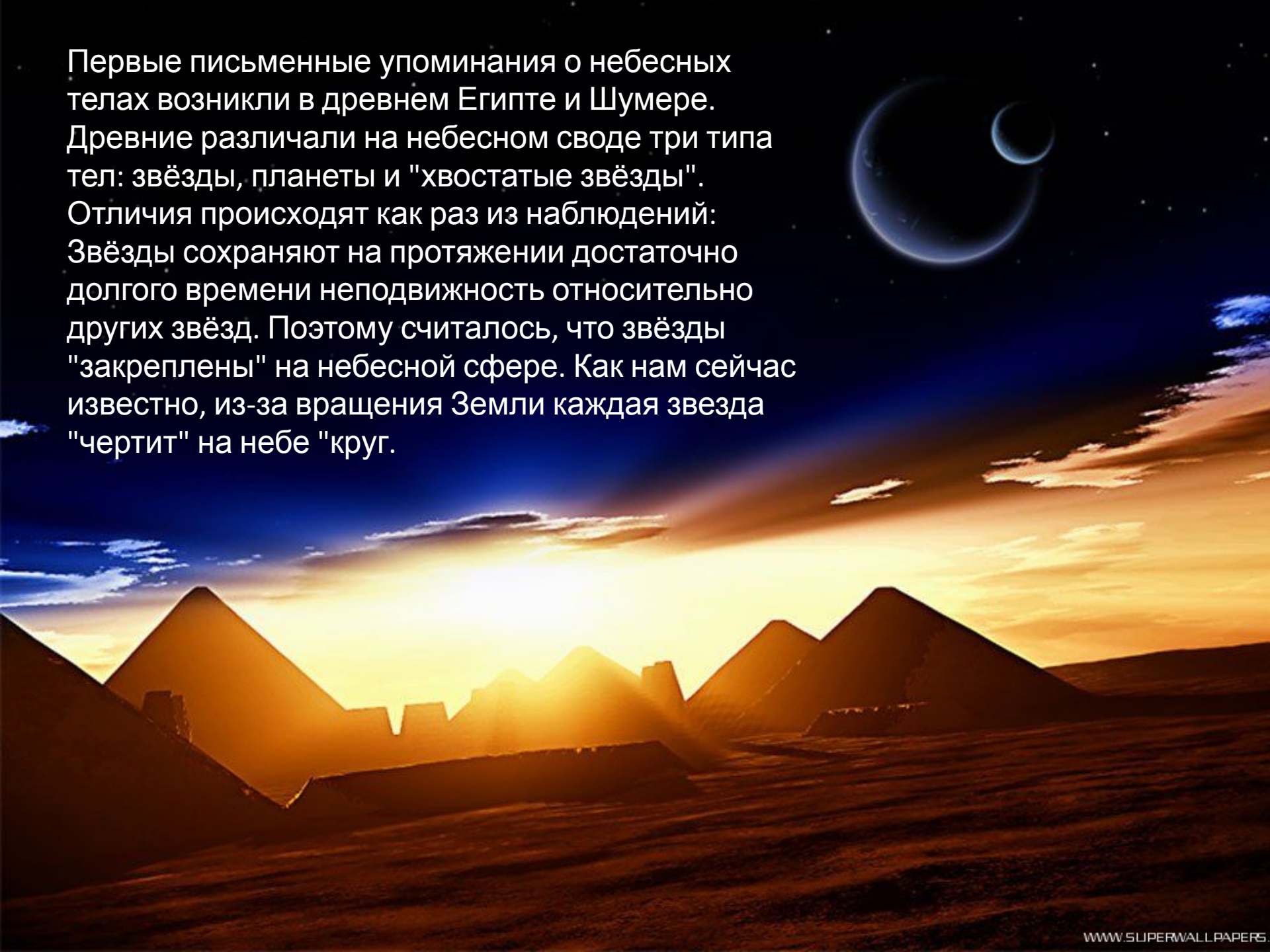
Космос — это все, что есть, что когда-  
либо было и когда-нибудь будет.

*Карл Саган.*



Издавна люди наблюдали на небе такие явления как видимое вращение звездного неба, смена фаз Луны, восход и заход небесных светил, видимое движение Солнца по небу в течение дня, солнечные затмения, изменение высоты Солнца над горизонтом в течение года, лунные затмения. Было ясно, что все эти явления связаны, прежде всего, с движением небесных тел, характер которого люди пытались описать при помощи простых визуальных наблюдений, правильное понимание и объяснение которых складывалось веками.

Первые письменные упоминания о небесных телах возникли в древнем Египте и Шумере. Древние различали на небесном своде три типа тел: звёзды, планеты и "хвостатые звёзды". Отличия происходят как раз из наблюдений: Звёзды сохраняют на протяжении достаточно долгого времени неподвижность относительно других звёзд. Поэтому считалось, что звёзды "закреплены" на небесной сфере. Как нам сейчас известно, из-за вращения Земли каждая звезда "чертит" на небе "круг".





Планеты же, напротив, двигаются по небосводу, и их движение видно невооружённым глазом в течение часа–двух. Ещё в Шумере были найдены и отождествлены 5 планет: Меркурий,

Венера,

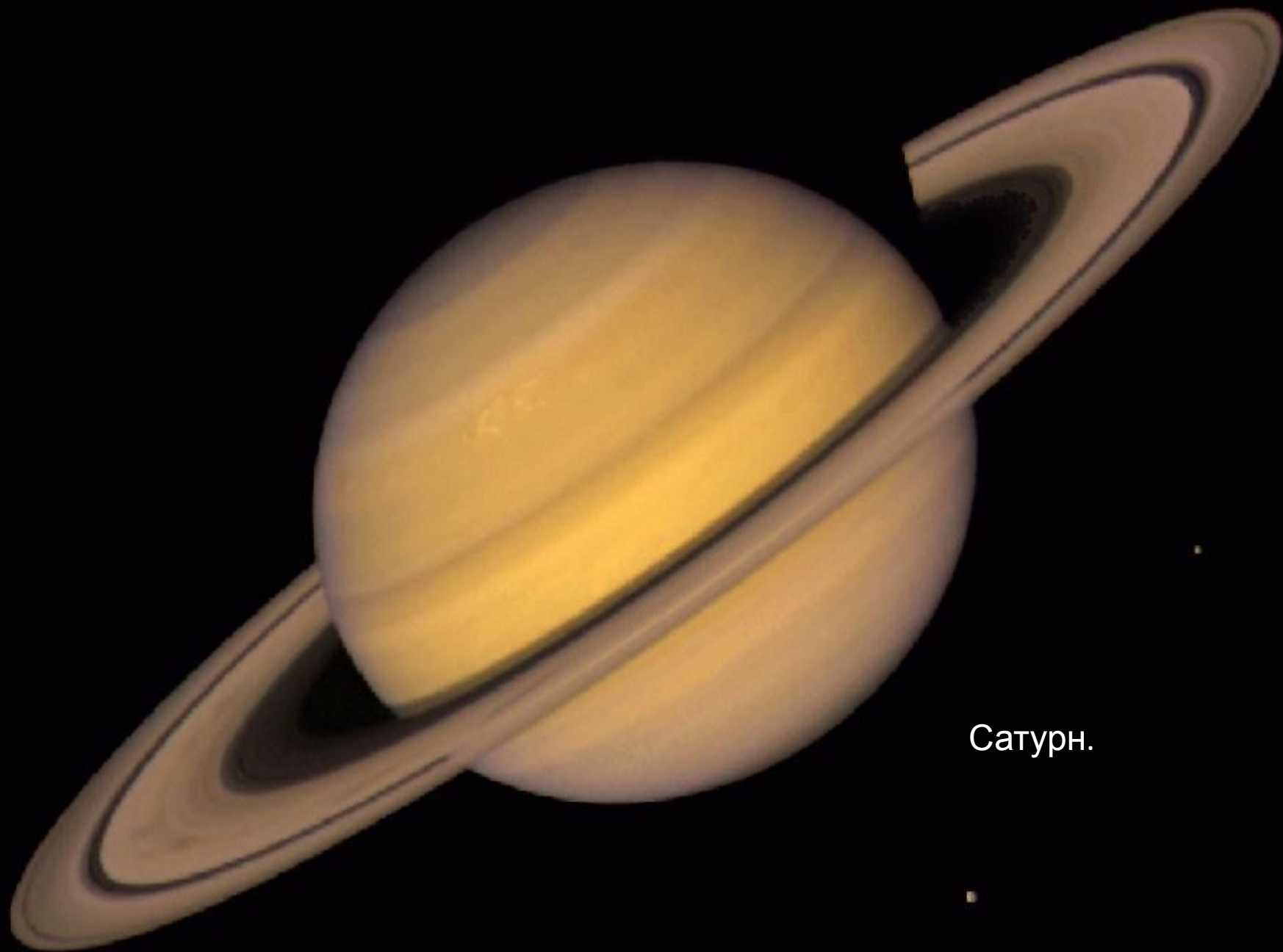




Марс,

Юпитер,

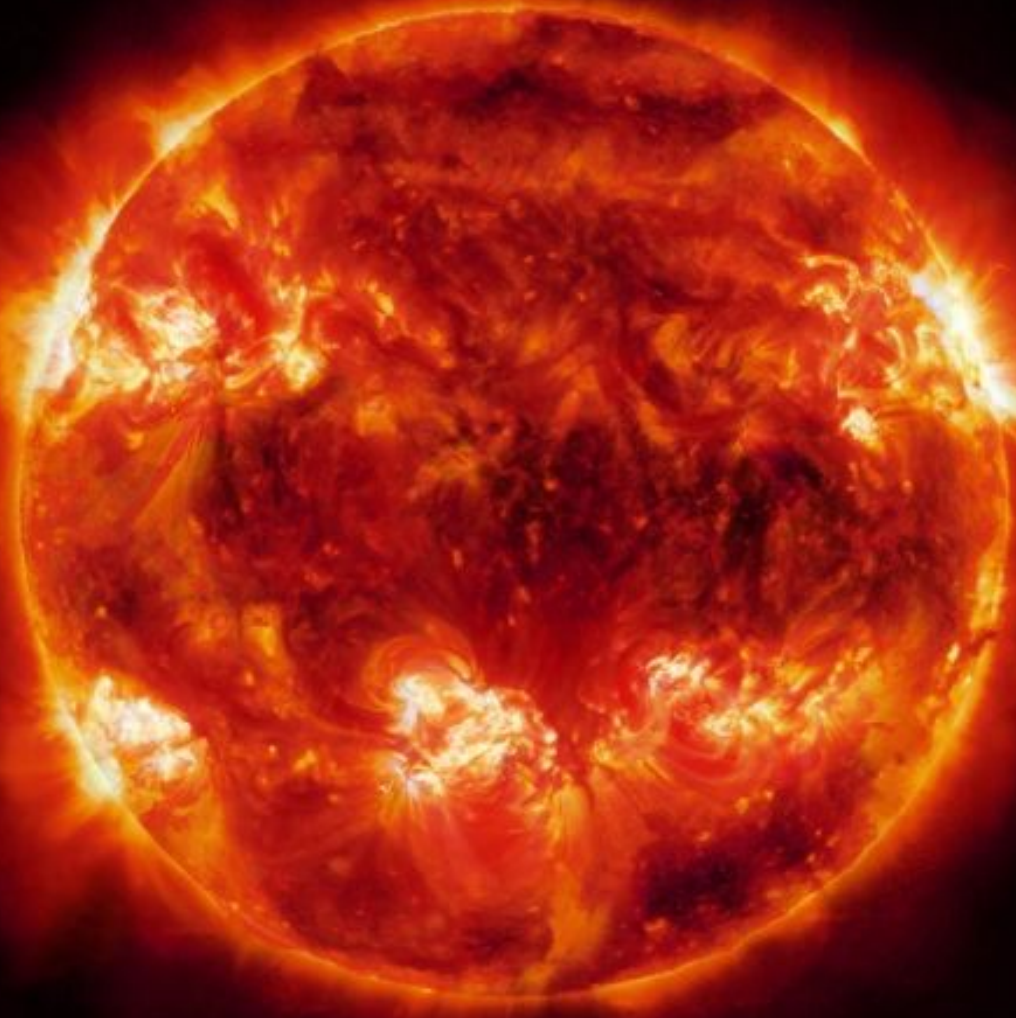




Сатурн.



К ним были добавлены  
Солнце и



и Луна. Итого: 7 планет.



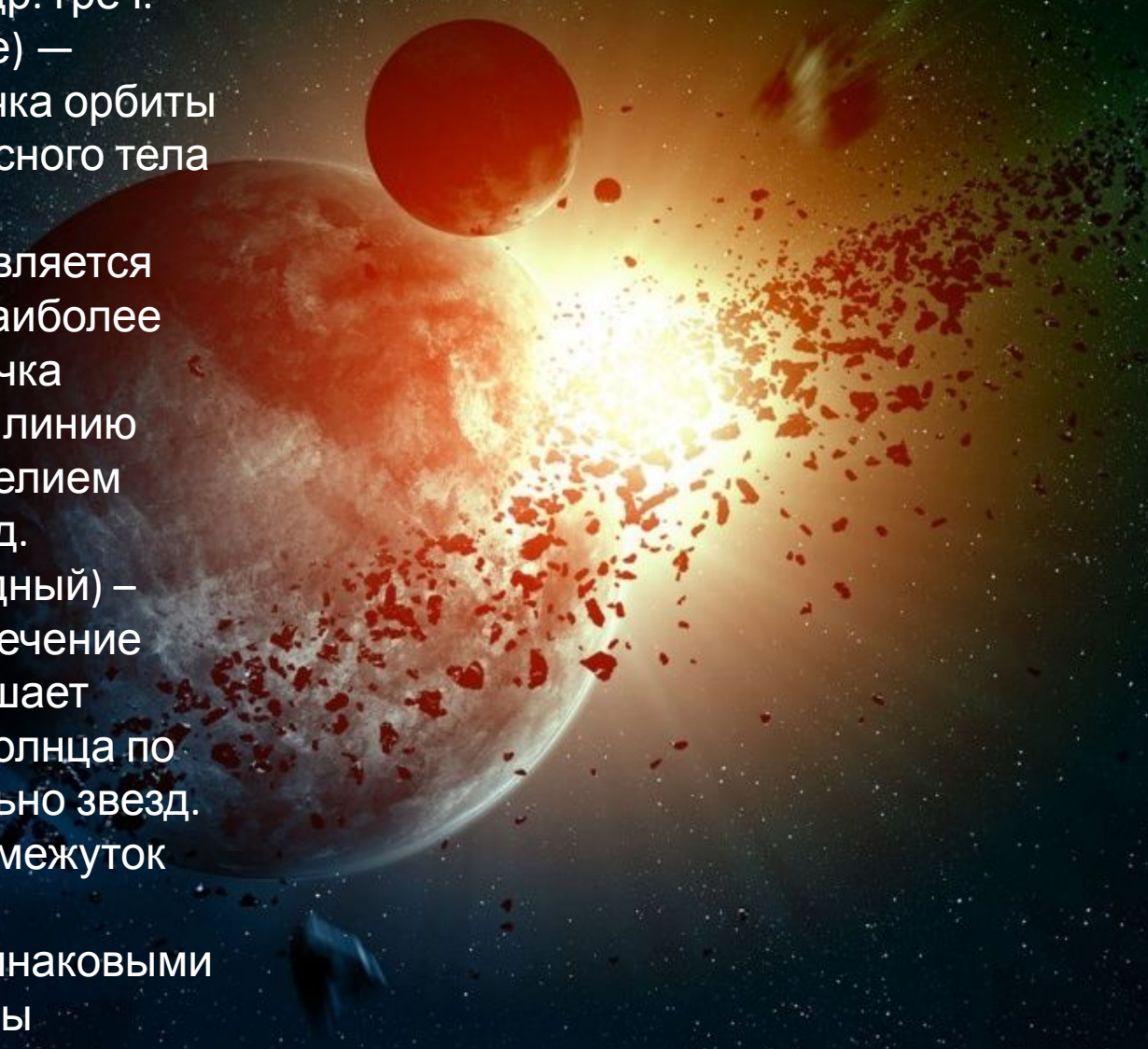
"Хвостатые" звёзды кометы. Появлялись  
нечасто, символизировали беды.



- **Конфигурация** – характерное взаимное расположение планеты, Солнца и Земли.  
**Эклиптика**—большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца.  
Соответственно плоскость эклиптики — плоскость вращения Земли вокруг Солнца
- Нижние (внутренние) планеты движутся по орбите быстрее Земли, а верхние (внешние) медленнее.

Введем понятия конкретных физических величин, характеризующих движение планет и позволяющих произвести некоторые расчеты:

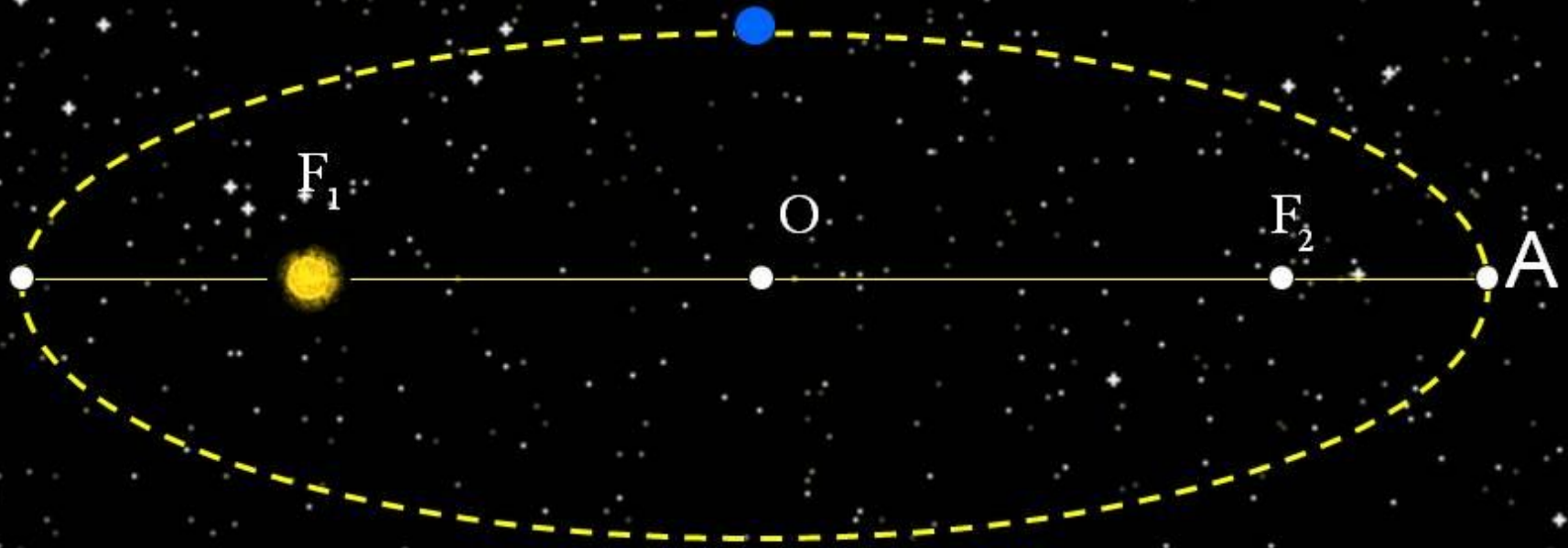
- **Перигéлий** (др.-греч. περί «пери» — вокруг, около, возле, др.-греч. ήλιος «гелиос» — Солнце) — ближайшая к Солнцу точка орбиты планеты или иного небесного тела Солнечной системы.
- Антонимом перигелия является **апогéлий** (афéлий) — наиболее удалённая от Солнца точка орбиты. Воображаемую линию между афелием и перигелием называют — линия апсид.
- **Сидерический** (T — звездный) — промежуток времени в течение которого планета совершает полный оборот вокруг Солнца по своей орбите относительно звезд.
- **Синодический** (S) — промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми конфигурациями планеты





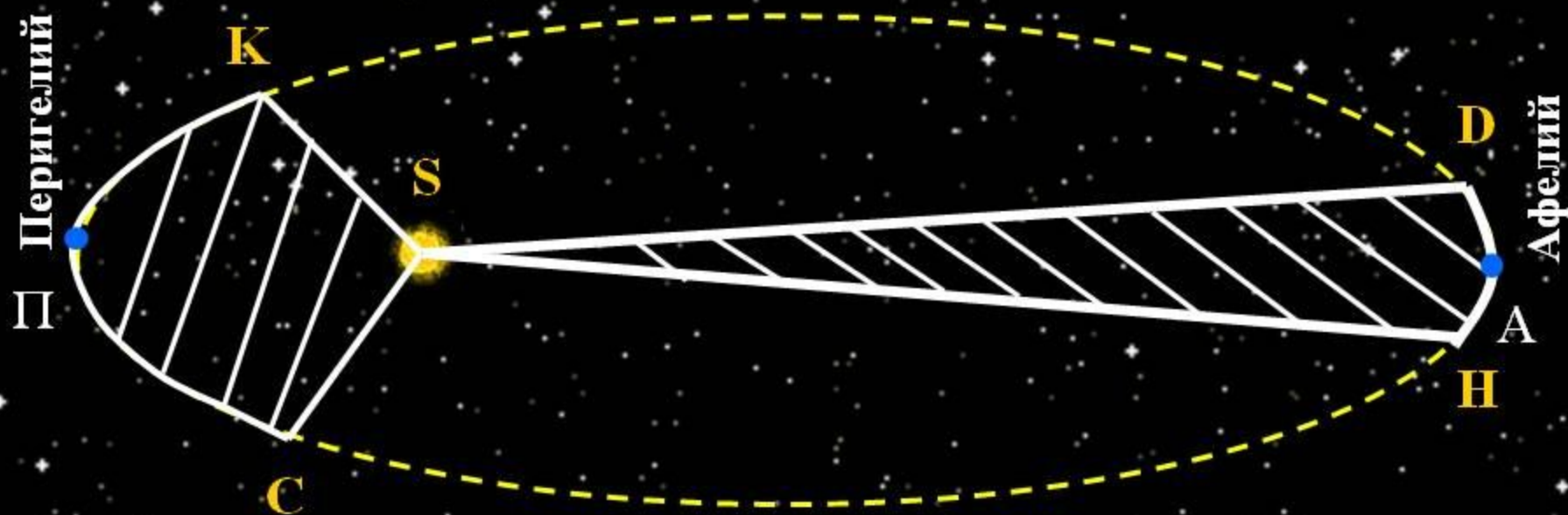
Три закона движения планет относительно Солнца были выведены эмпирически немецким астрономом Иоганном Кеплером в начале XVII века. Это стало возможным благодаря многолетним наблюдениям датского астронома Тихо Браге

# Первый закон Кеплера



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

# Второй закон Кеплера



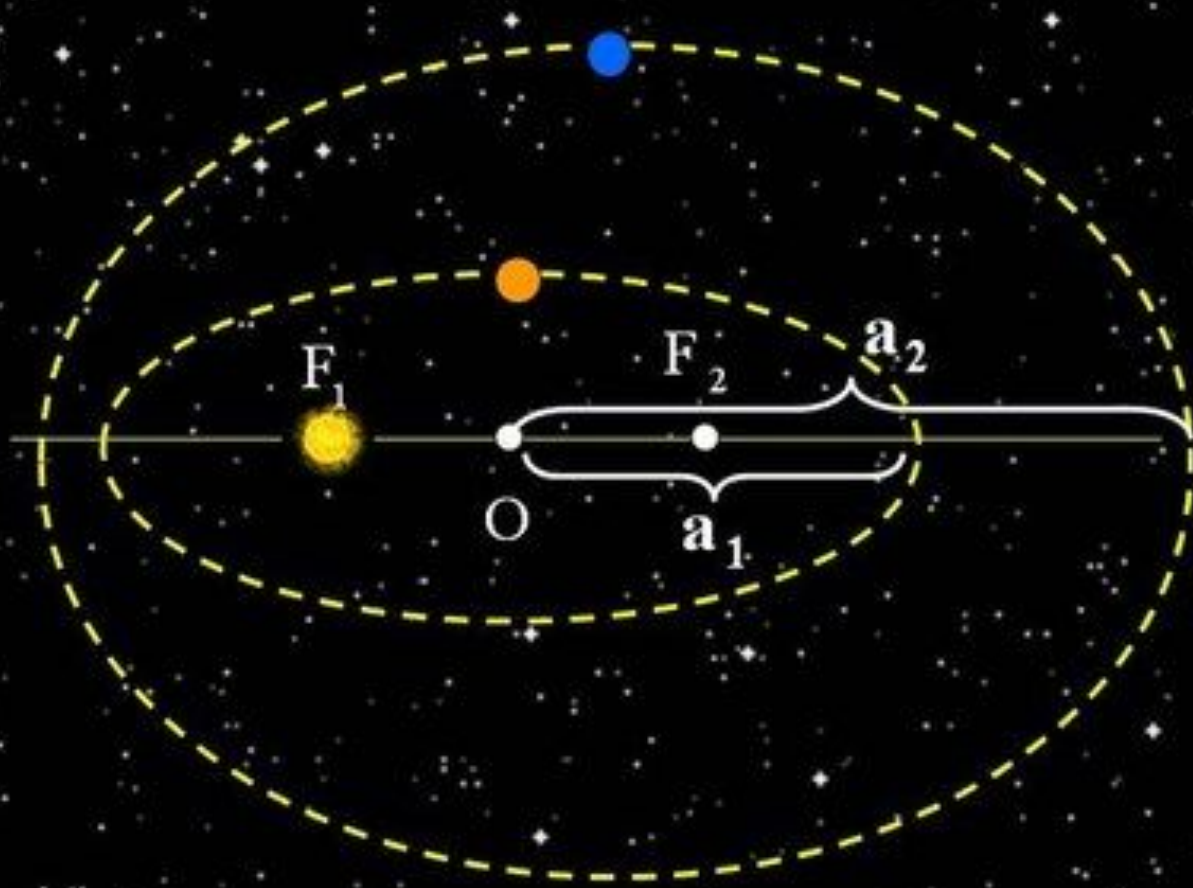
Площади SKC и SDH равны.

Линейная скорость планеты вблизи перигелия больше, чем вблизи афелия.

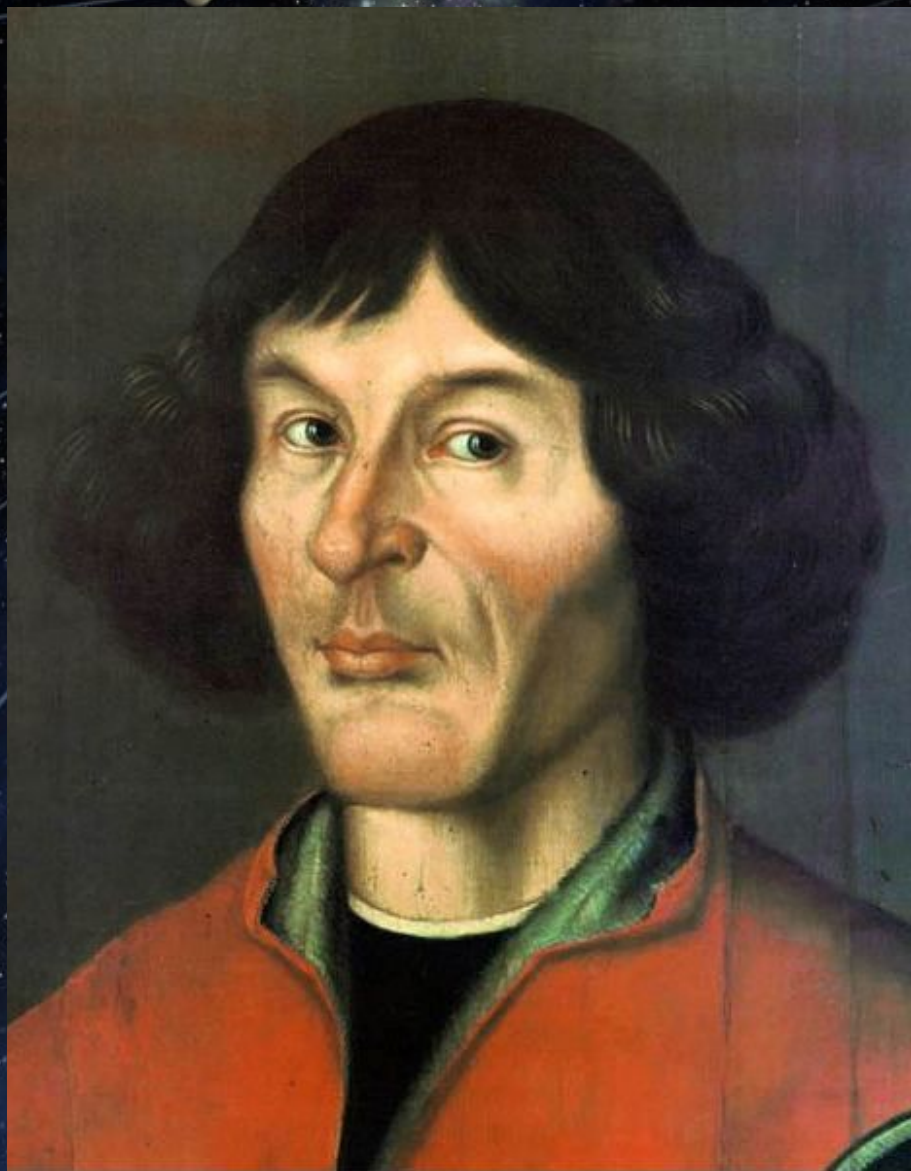


## Третий закон Кеплера.

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



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



Наиболее просто видимое движение планет и Солнца описывается в системе отсчета, связанной с Солнцем. Такой подход получил название гелиоцентрической системы мира и был предложен польским астрономом Николаем Коперником (1473-1543):



В античные времена и вплоть до Коперника полагали, что в центре Вселенной расположена Земля и все небесные тела обращаются по сложным траекториям вокруг нее. Эта система мира называется геоцентрической системой мира.



Сложное видимое движение планет на небесной сфере обусловлено обращением планет Солнечной системы вокруг Солнца. Само слово " планета " в переводе с древнегреческого означает " блуждающая " или " бродяга ". Траектория движения небесного тела называется его орбитой. Скорости движения планет по орбитам убывают с удалением планет от Солнца. Характер движения планеты зависит от того, к какой группе она принадлежит.

Поэтому по отношению к орбите и условиям видимости с Земли планеты разделяются на внутренние (Меркурий, Венера) и внешние (Марс, Сатурн, Юпитер, Уран, Нептун, Плутон), или соответственно, по отношению к Земной орбите, на нижние и верхние.

Поскольку при наблюдениях с Земли на движение планет вокруг Солнца накладывается еще и движение Земли по своей орбите, планеты перемещаются по небосводу то с востока на запад (прямое движение), то с запада на восток (попятное движение). Моменты смены направления называются стояниями. Если нанести этот путь на карту, получится петля.

Размеры петли тем меньше, чем больше расстояние между планетой и Землей.



Планеты описывают петли, а не просто движутся туда-сюда по одной линии исключительно из-за того, что плоскости их орбит не совпадают с плоскостью эклиптики. Такой сложный петлеобразный характер был впервые замечен и описан на примере видимого движения Венеры



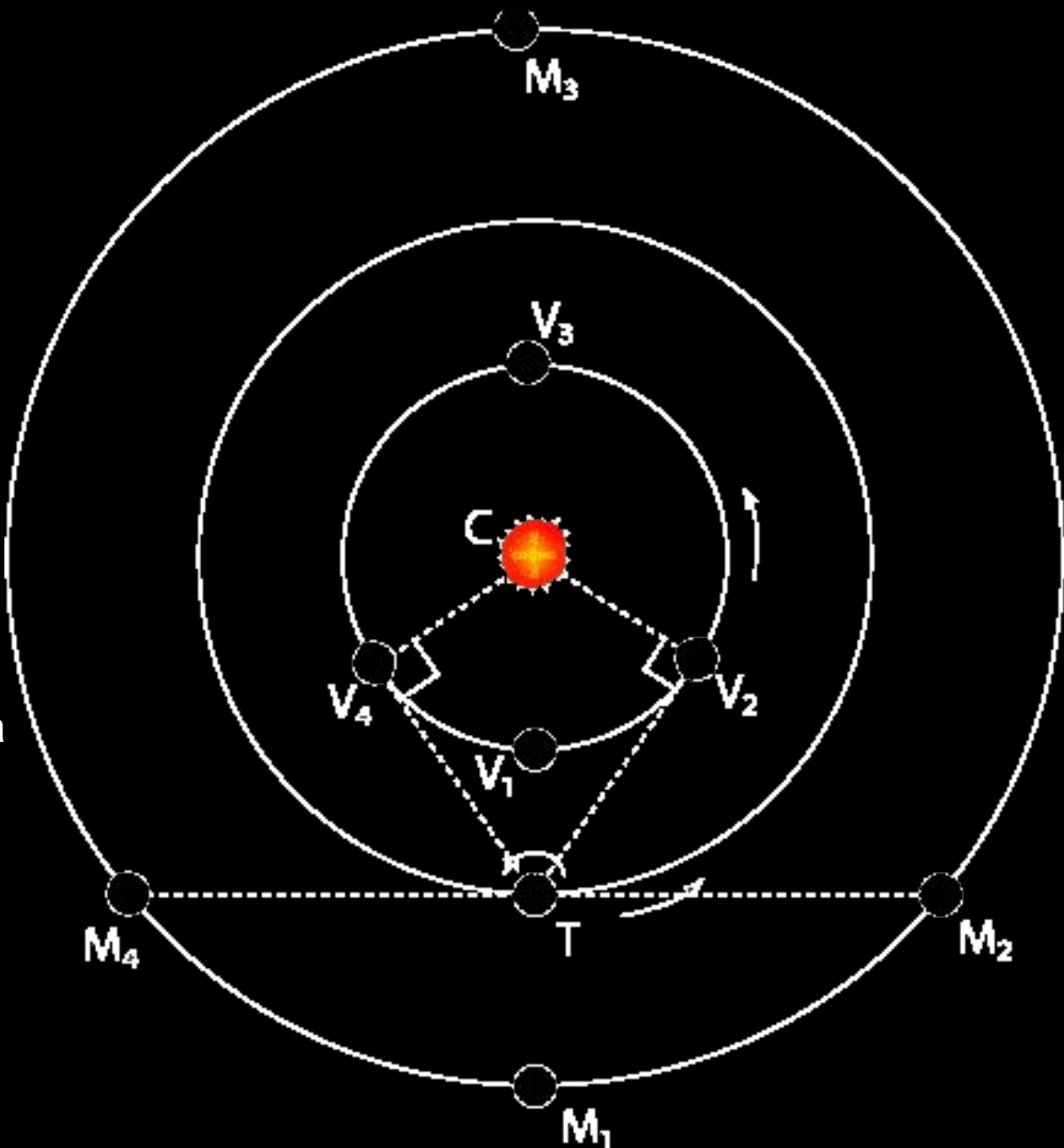


Известен факт, что движение определенных планет можно наблюдать с Земли в строго определенное время года, это связано с их положением с течением времени на звездном небе. Конфигурации внутренних и внешних планет различны: у нижних планет это соединения и элонгации (наибольшее угловое отклонение орбиты планеты от орбиты Солнца), у верхних планет это квадратуры, соединения и противостояния. Для системы Земля – Луна – Солнце в нижнем соединении происходит новолуние, а в верхнем – полнолуние.

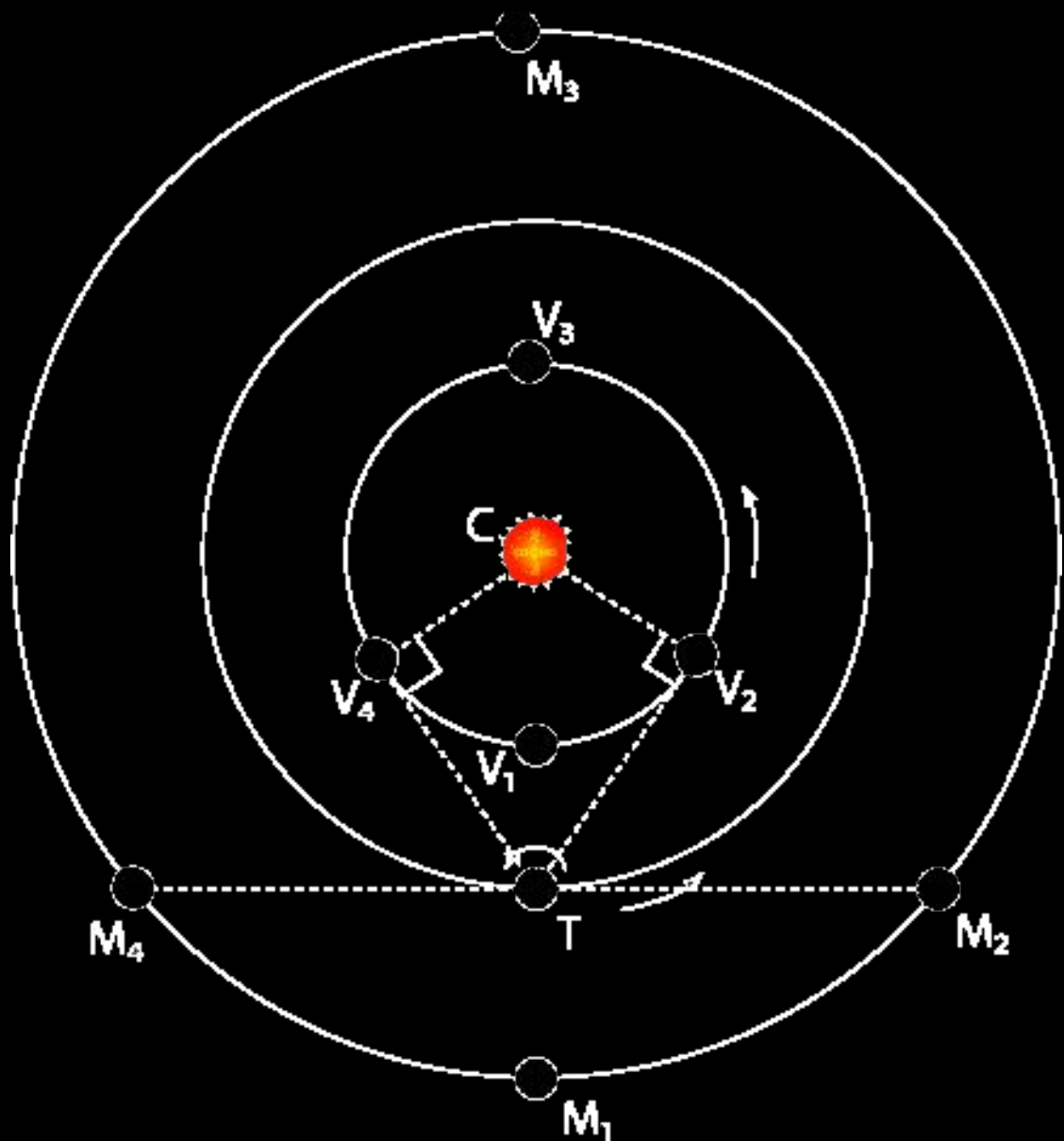


### Для верхних (внешних)

- **соединение** - планета за Солнцем, на прямой Солнце-Земля ( $M_1$ ).
- **противостояние** – планета за Землей от Солнца – лучшее время наблюдения внешних планет, она полностью освещена Солнцем ( $M_3$ ).
- **квадратура**
  - **западная** – планета наблюдается в западной стороне ( $M_4$ ).
  - **восточная** – наблюдается в восточной стороне ( $M_2$ ).







### Для нижних(внутренних)

- **соединение** планета находится на прямой Солнце-Земля.
  - **верхнее** – планета за Солнцем (V 3 ).
  - **нижнее** – планета перед Солнцем (V 1 ).
- **элонгация** - угловое удаление планеты от Солнца
  - **восточная** - планета видна на востоке до восхода Солнца в лучах утренней зари (V 4 ).
  - **западная** – планета видна на западе в лучах вечерней зари после захода Солнца (V 2 ).

Если  $T$  – Земля,  $P_1$  – внутренняя планета,  $S$  – Солнце, небесное соединение называется нижним соединением. В «идеальном» нижнем соединении происходит прохождение Меркурия или Венеры по диску Солнца.

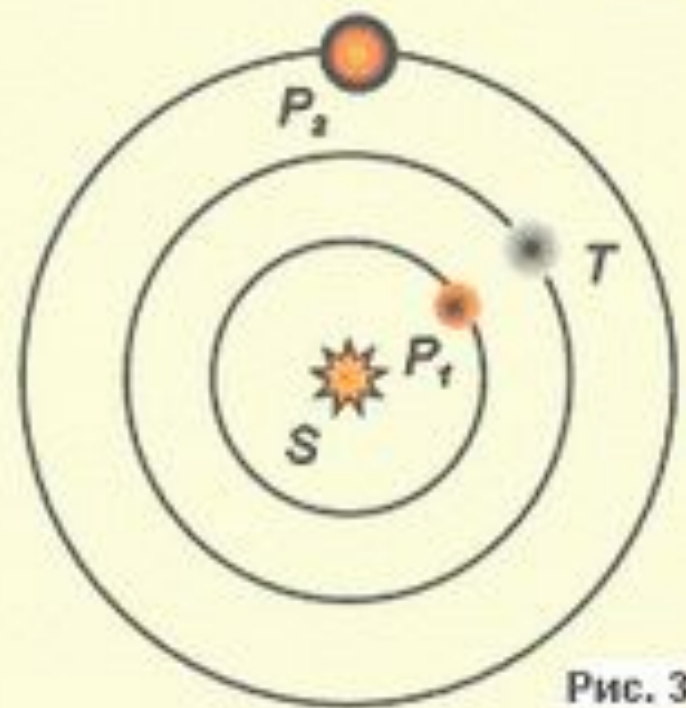


Рис. 3

Если  $T$  – Земля,  $S$  – Солнце,  $P_1$  – Меркурий или Венера, явление называется верхним соединением. В «идеальном» случае происходит покрытие Солнцем планеты, которое, конечно, не может наблюдаться из-за несравнимой разницы в блеске светил. Для системы Земля – Луна – Солнце в нижнем соединении происходит новолуние, а в верхнем – полнолуние.

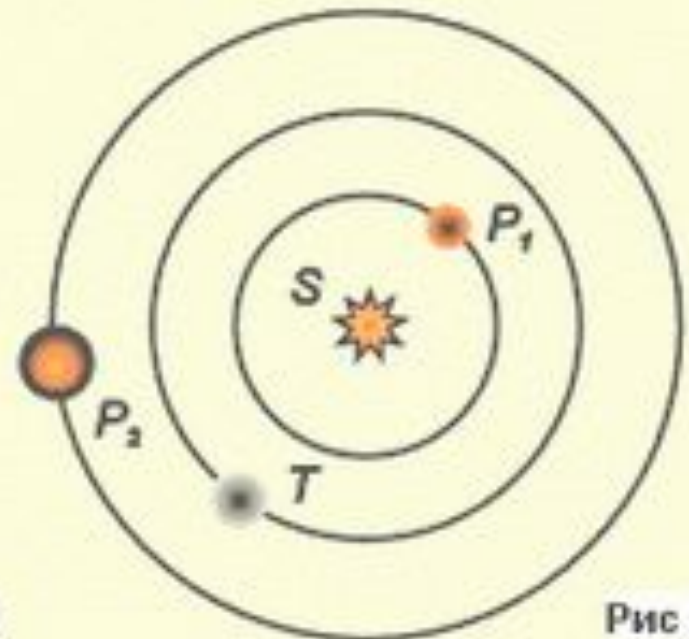
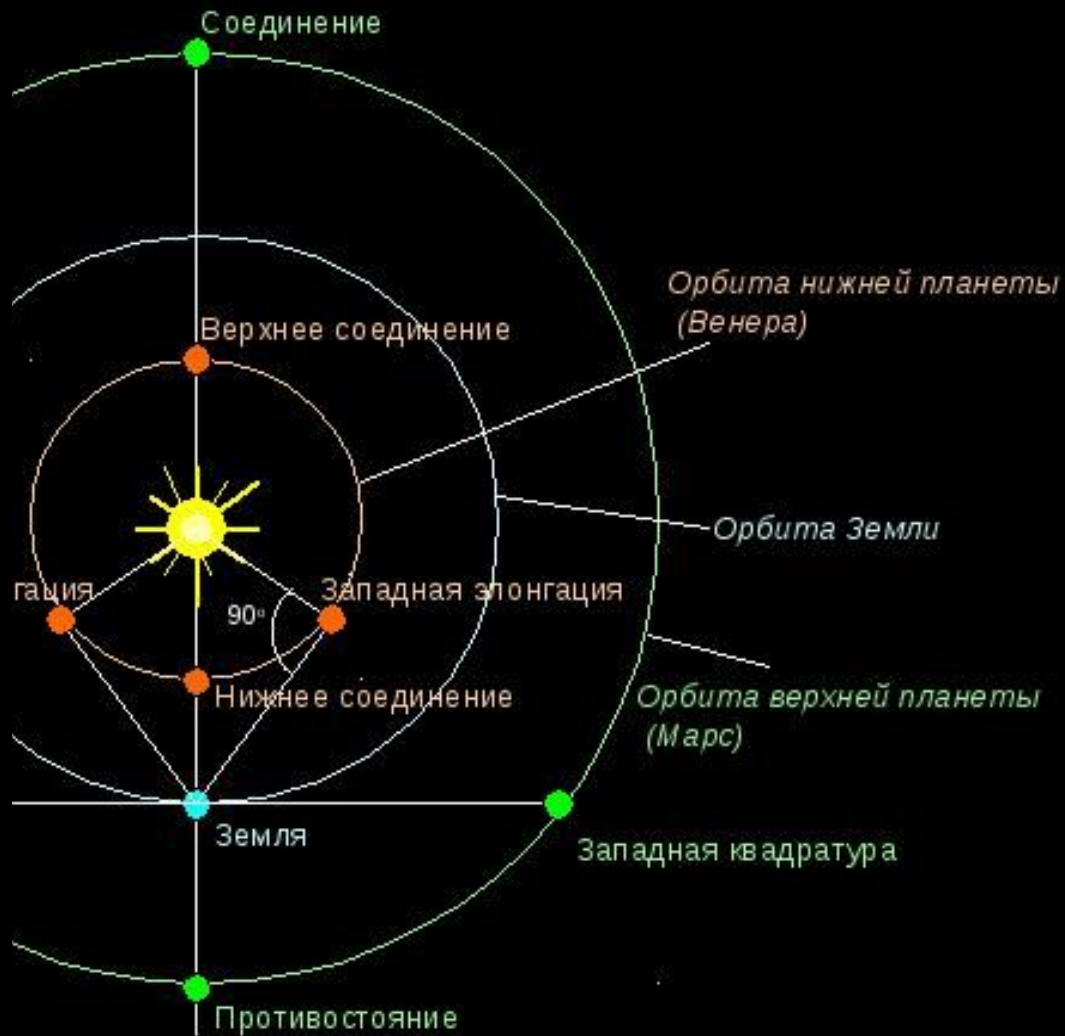


Рис. 4

## Конфигурация планет

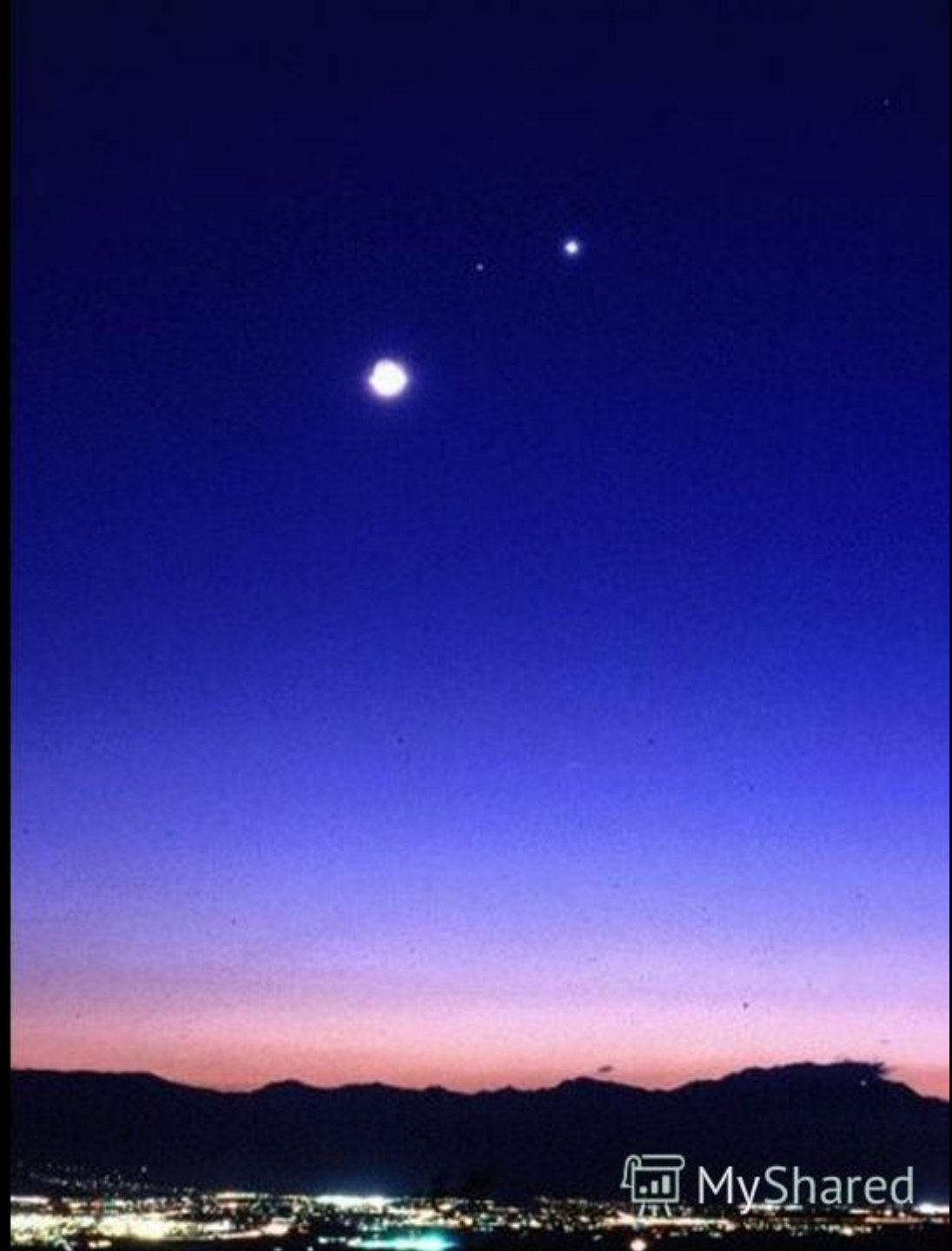
В своём движении по небесной сфере Меркурий и Венера никогда не уходят далеко от Солнца (Меркурий не дальше  $18^{\circ} 28'$ ; Венера не дальше  $45^{\circ} 48'$ ) и могут находиться либо к востоку, либо к западу от него. Момент наибольшего углового удаления планеты к востоку от Солнца называется восточной или вечерней элонгацией; к западу — западной или утренней элонгацией. Конфигурация, в которой Земля, Солнце и планета образуют в пространстве треугольник, называется квадратурой: восточной при расположении планеты на  $90^{\circ}$  к востоку от Солнца и западной при расположении планеты в  $90^{\circ}$  к западу от Солнца.



Внешние планеты всегда повернуты к Земле стороной, освещаемой Солнцем. Внутренние планеты меняют свои фазы подобно Луне. Наибольшее угловое удаление планеты от Солнца называется элонгацией. Наибольшая элонгация у Меркурия -  $28^\circ$ , у Венеры -  $48^\circ$ . При восточной элонгации внутренняя планета видна на западе, в лучах вечерней зари, вскоре после захода Солнца. Вечерняя (восточная) элонгация Меркурия



При западной элонгации  
внутренняя планета видна на  
востоке, в лучах утренней зари,  
незадолго до восхода Солнца.



Венера и Сатурн

A cosmic background featuring a large, dark blue and black planet (likely Earth) on the left side, partially obscured by a bright, glowing sun or star on the right. The sky is filled with numerous small, bright stars and a faint, colorful nebula or galaxy structure in shades of purple, blue, and green.

**Спасибо  
за внимание!**