

# Движение небесных тел под действием сил тяготения





## Закон всемирного тяготения

СОГЛАСНО ЗАКОНУ ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ,  
ИЗУЧЕННОМУ НА КУРСЕ ФИЗИКЕ.

ВСЕ МАТЕРИАЛЬНЫЕ ТЕЛА ПРИТЯГИВАЮТ ДРУГ ДРУГА,  
ПРИ ЭТОМ СИЛА ПРИТЯЖЕНИЯ НЕ ЗАВИСИТ ОТ  
ФИЗИЧЕСКИХ ИЛИ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕЛ

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$



Открытию закона всемирного тяготения во многом способствовали законы движения планет, сформулированные Кеплером. Так значение расстояние от земли до луны позволило Исааку Ньютону доказать тождественность силы, удерживающие луну при ее движении вокруг земли, и силы, вызывающие падение тел на землю



Луна, находящаяся от Земли на расстоянии примерно в 60 ее радиусов, должна испытывать в 3600 раз меньше, чем ускорение силы тяжести на поверхности Земли. В то же время Луна как любое тело, равномерно движущееся по окружности, имеет ускорение

$$a = \omega^2 R$$

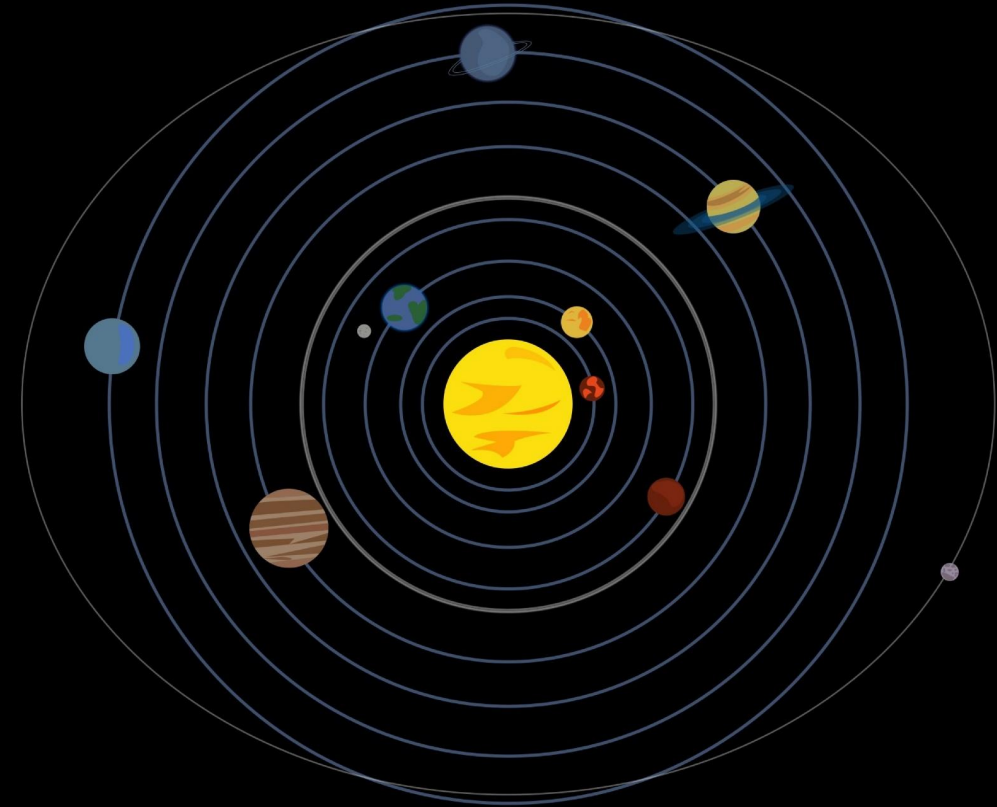


# Возмущение в движение тел Солнечной системы

Поскольку в солнечной системе не только земля и солнце, но и другие планеты, то движение тел не в точности подчиняются законам Кеплера. Отклонение движения тел по эллипсам называют **возмущением**.

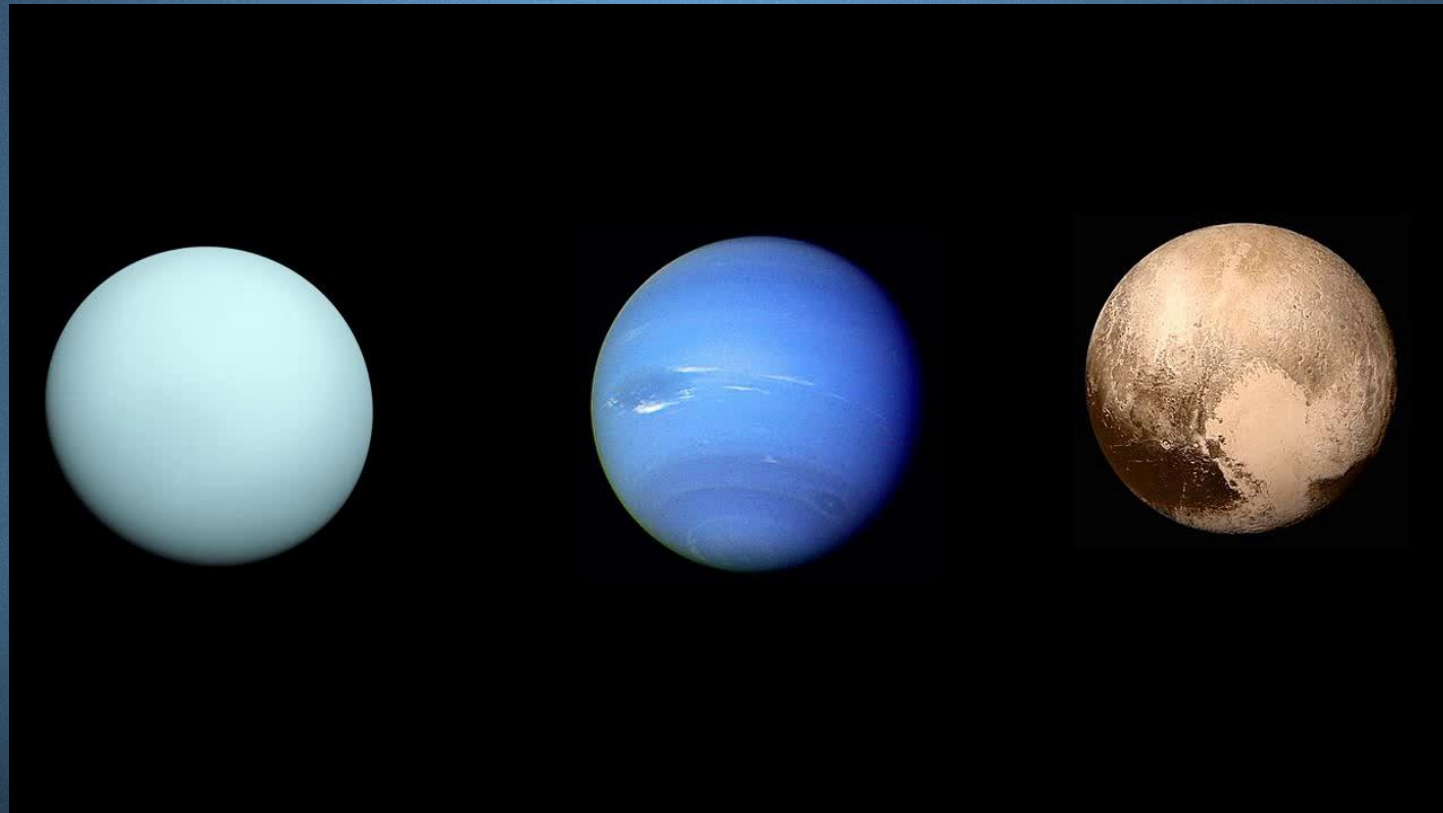
Возмущения эти невелики, так как масса Солнце гораздо больше массы не только отдельной планеты, но и всех планет вместе взятых

В настоящее время возмущения учитываются при вычислении планет, их спутников и других планет Солнечной системы, а также траекторий космических аппаратов.





Вильям Гершель в 1781 открыл планету, названную впоследствии Ураном. наблюдая за ней, люди поняли что движение не соответствует расчетным даже при учете возмущений со стороны всех известных планет. На основе предположения о наличие еще одной “заурановой” планеты были сделаны вычисления ее орбиты и положения на небе. Эту задачу решили Джон Адамс и Урбен Леверье. На основе вычислений немецкий астроном Иоганн Галле обнаружил ранее неизвестную планету – Нептун. В дальнейшем Движение Урана и Нептуна были замечены возмущения, которые стали основанием для предположения о существовании еще одной планеты - Плутон





# Массы небесных тел

Более точная формула третьего закона Кеплера, которая была получена Ньютоном, дает возможность определить одну из важнейших характеристик любого небесного тела – массу.

Пусть два тела, взаимно притягивающиеся и обращающиеся вокруг общего центра масс. На основании закона всемирного тяготения ускорение каждого из этих тел равно:

$$a_1 = G \frac{m_2}{R^2}, \quad a_2 = G \frac{m_1}{R^2}.$$

Центростремительное ускорение выразится для каждого тела так:

$$a_1 = \frac{4\pi^2}{T^2} r_1, \quad a_2 = \frac{4\pi^2}{T^2} r_2.$$

Приравняв полученные для ускорений выражения, выразив из них  $r_1$  и  $r_2$  и сложив их почленно, получаем:

$$G = \frac{(m_1 + m_2)}{R^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} (r_1 + r_2),$$

откуда

$$\frac{T^2(m_1 + m_2)}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G}.$$

Поскольку в правой части этого выражения находятся только постоянные величины, оно справедливо для любой системы двух тел, взаимодействующих по закону тяготения и обращающихся вокруг общего центра масс – Солнца и планета, планета и спутник. Определим массу Солнца, для этого запишем выражение:

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

Где  $M$  – масса Солнца;  $m_1$  – масса Земли;  $m_2$  – масса Луны;  $T_1$  и  $a_1$  – период обращения Земли вокруг Солнца и большая полуось ее орбиты;  $T_2$  и  $a_2$  – период обращения Луны вокруг земли и большая полуось лунной орбиты. Пренебрегая массой Земли, которая ничтожна мала по сравнению с массой Солнца и массой Луны, которая в 81 раз меньше массы земли, получим:

$$\frac{M}{m_1} = \frac{a_1^3 \cdot T_2^2}{a_2^3 \cdot T_1^2}.$$

Подставив в формулу соответствующие значения и приравняв массу Земли за 1, мы получим, что Солнце примерно в 330.000 раз по массе больше нашей планеты



# Приливы

Под действием взаимного притяжения частиц тело стремится принять форму шара. Если эти тела вращаются, то они деформируются, сжимаются вдоль оси вращения. Кроме того, изменение их формы происходит и под действием взаимного притяжения, которое вызывает явление, называемые приливами



Приливные ускорения в точках А и В направлены от центра Земли. В результате Земля, и в первую очередь ее водная оболочка, вытягивается в обе стороны по линии, соединяющей центры Земли и Луны. Тяготение Солнца также вызывает приливы, но из-за большей его удаленности они меньше, чем вызванные Луной

Вследствие суточного вращения Земля стремится увлечь за собой приливные горбы, в то время вследствие тяготения Луны, которая обращается вокруг Земли за месяц, полоса приливов должна перемещаться по земной поверхности значительно медленнее.



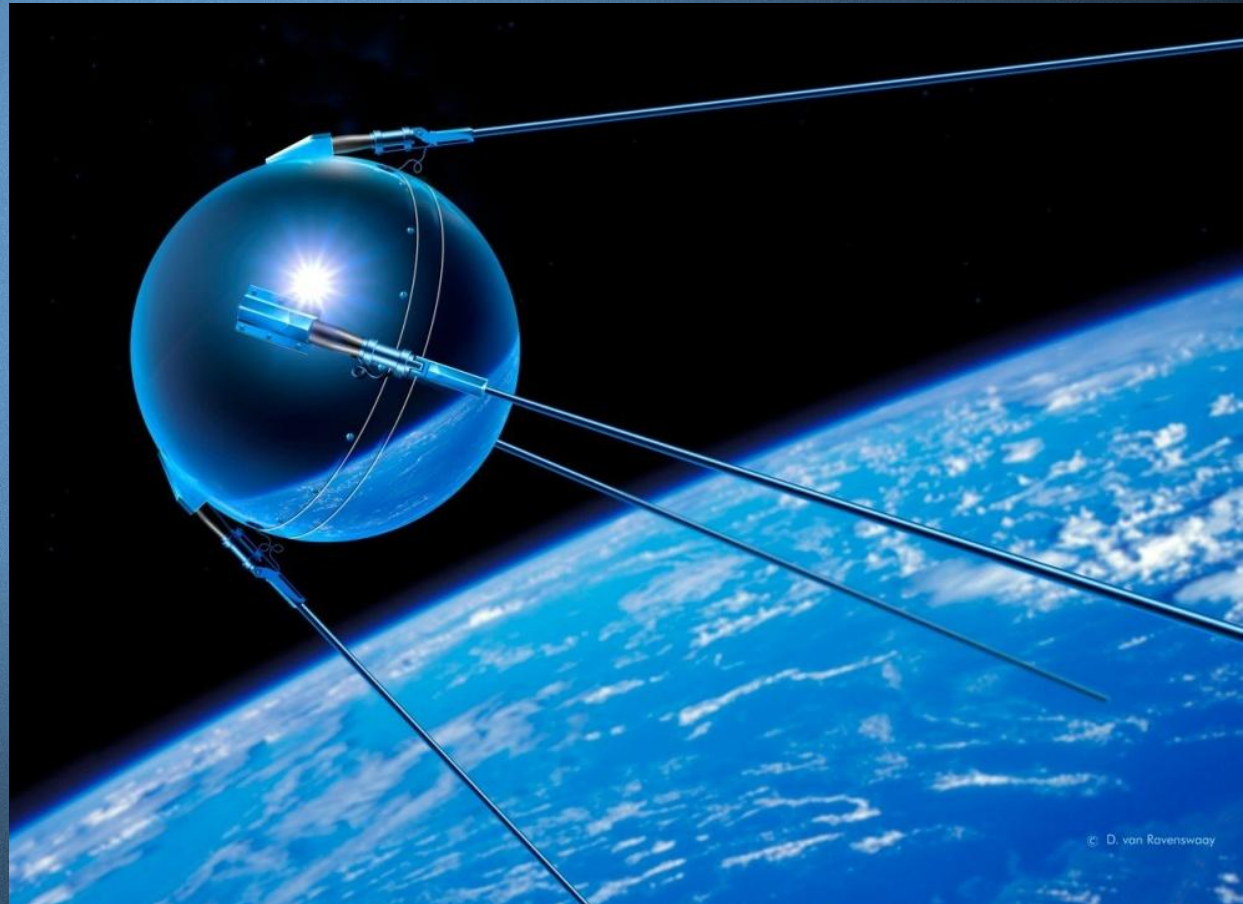


# Движение искусственных спутников Земли и космических аппаратов к планетам солн.системе

Возможность создания искусственного спутника Земли теоретически обосновал еще Ньютон. Он показал, что существует такая горизонтально направленная скорость  $v_1$ , при которой тело, падая на Землю, тем не менее на нее не упадет, а будет двигаться вокруг Земли, оставаясь на одном и том же расстоянии.

$$v_1 = \sqrt{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/с.}$$

Практически осуществить запуск искусственного спутника Земли оказалось возможно лишь через два с половиной столетия после открытия Ньютона – 4 октября 1957 год





# Искусственные спутники земли

За сорок с лишним лет, прошедшие с этого дня, который нередко называют началом космической эры человечества, во многих странах мира запущено около 4000 спутников различного устройства и направления.

Космические аппараты, которые направляются к Луне и планетам, испытывают притяжение со стороны Солнца и согласно законам Кеплера так же, как и сами планеты движутся по эллипсам

Чтобы запускать КА надо многое рассчитывать: Начальная скорость и день запуска КА должны быть выбраны таким образом, чтобы КА и планета, двигаясь каждый по своей орбите, одновременно подошли к точке встречи

