

# Гравитационные силы

Негуляев Владимир 21 группа

# Законы Кеплера

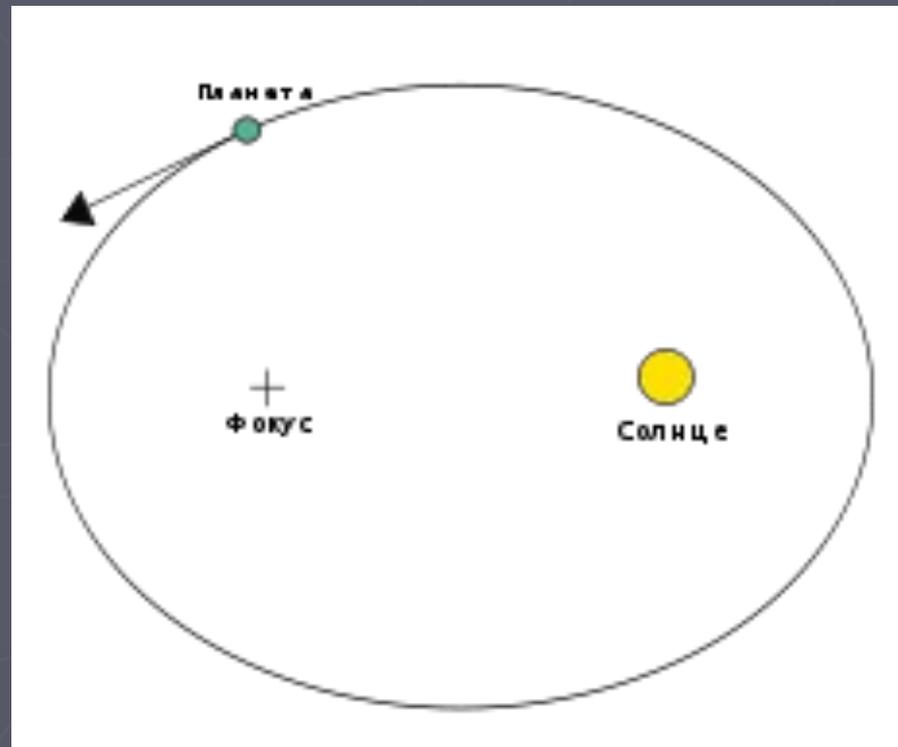
**Законы Кеплера** — три эмпирических соотношения, интуитивно подобранных Иоганном Кеплером на основе анализа астрономических наблюдений Тихо Браге. Описывают идеализированную гелиоцентрическую орбиту планеты. В рамках классической механики выводятся из решения задачи двух тел предельным переходом  $m \rightarrow 0$ , где  $m$  — массы планеты и Солнца.



Иоганн Кеплер ( 1571-1630 )

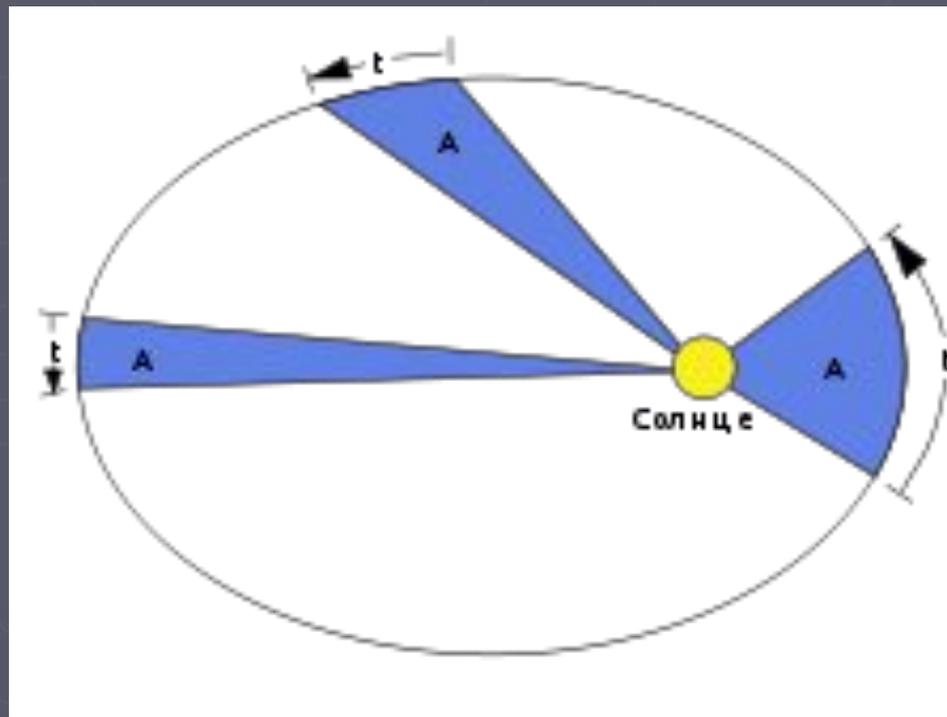
# Первый закон Кеплера

- ▶ Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.



# Второй закон Кеплера

- ▶ Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.



# Третий закон Кеплера

- ▶ Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся, как кубы больших полуосей орбит планет.

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

где  $T_1$  и  $T_2$  — периоды обращения двух планет вокруг Солнца, а  $a_1$  и  $a_2$  — длины больших полуосей их орбит.

# Закон всемирного тяготения

*Две материальные точки притягиваются с силой пропорциональной произведению их масс, и обратнопропорциональной квадрату расстояния между ними.*

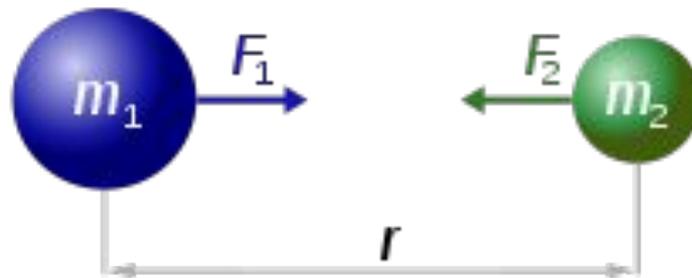
Эту силу называют силой тяготения или гравитационной силой.

Границы применимости:

- ▶ для материальных точек;
- ▶ для тел со сферически симметричной однородной массой.

# Гравитационная сила

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



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- ▶ Гравитационная постоянная:  
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$ .

# Сила тяжести и ускорение свободного падения

*Сила тяжести – сила, с которой вращающаяся Земля притягивает к себе тела, которые находятся вблизи ее поверхности, сообщает ускорение направленное вертикально вниз и приложена к центру масс.*

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

- Согласно второму закону Ньютона модуль ускорения свободного падения  $g$  находят по формуле

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

# Ускорение свободного падения

Гравитационное ускорение на различной высоте  $h$  над Землёй

$h,$ км	$g,$ м/с <sup>2</sup>	$h,$ км	$g,$ м/с <sup>2</sup>
0	9,806	20	9,745
1	9,8036	50	9,6542
2	9,8005	80	9,5644
3	9,7974	100	9,505
4	9,7941	120	9,4

Город	Долгота	Широта	Высота над уровнем моря, м	Ускорение свободного падения, м/с <sup>2</sup>
<a href="#">Берлин</a>	13,40 в. д.	52,50 с.ш.	40	9,81280
<a href="#">Будапешт</a>	19,06 в. д.	47,48 с.ш.	108	9,80852
<a href="#">Вашингтон</a>	77,01 з. д.	38,89 с.ш.	14	9,80112
<a href="#">Вена</a>	16,36 в. д.	48,21 с.ш.	183	9,80860
<a href="#">Владивосток</a>	131,53 в. д.	43,06 с.ш.	50	9,80424
<a href="#">Гринвич</a>	0,0 в.д.	51,48 с.ш.	48	9,81188
<a href="#">Каир</a>	31,28 в. д.	30,07 с.ш.	30	9,79317
<a href="#">Киев</a>	30,30 в. д.	50,27 с.ш.	179	9,81054
<a href="#">Мадрид</a>	3,69 в.д.	40,41 с.ш.	667	9,79981
<a href="#">Минск</a>	27,55 в. д.	53,92 с.ш.	220	9,81347
<a href="#">Москва</a>	37,61 в. д.	55,75 с.ш.	151	9,8154
<a href="#">Нью-Йорк</a>	73,96 з. д.	40,81 с.ш.	38	9,80247

Так как Земля вращается вокруг своей оси, тела на ее поверхности испытывают действие центробежной силы инерции (фиктивной) в неинерционной (вращающейся) системе отсчета. Она больше всего на экваторе и уменьшает там силу тяготения еще на 0,3% (по сравнению с положением на полюсах). Поэтому сила всемирного тяготения равна геометрической сумме гравитационных сил (гравитационной) и центробежной (инерционной).

