

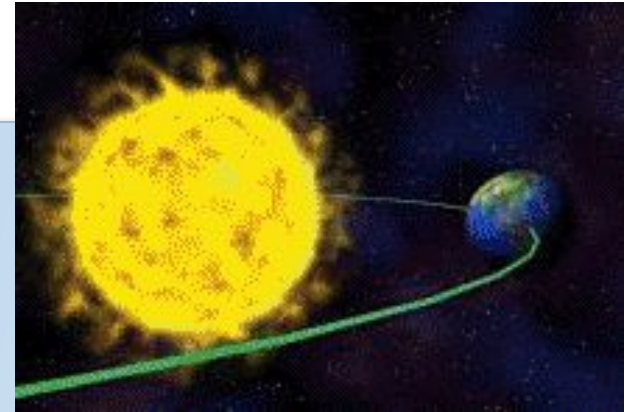
Закон всемирного тяготения. Сила тяжести.

ГРАВИТАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

– универсальное взаимодействие, свойственное всем телам Вселенной и проявляющееся в их взаимном притяжении друг к другу.

Является одним из четырех типов фундаментальных взаимодействий

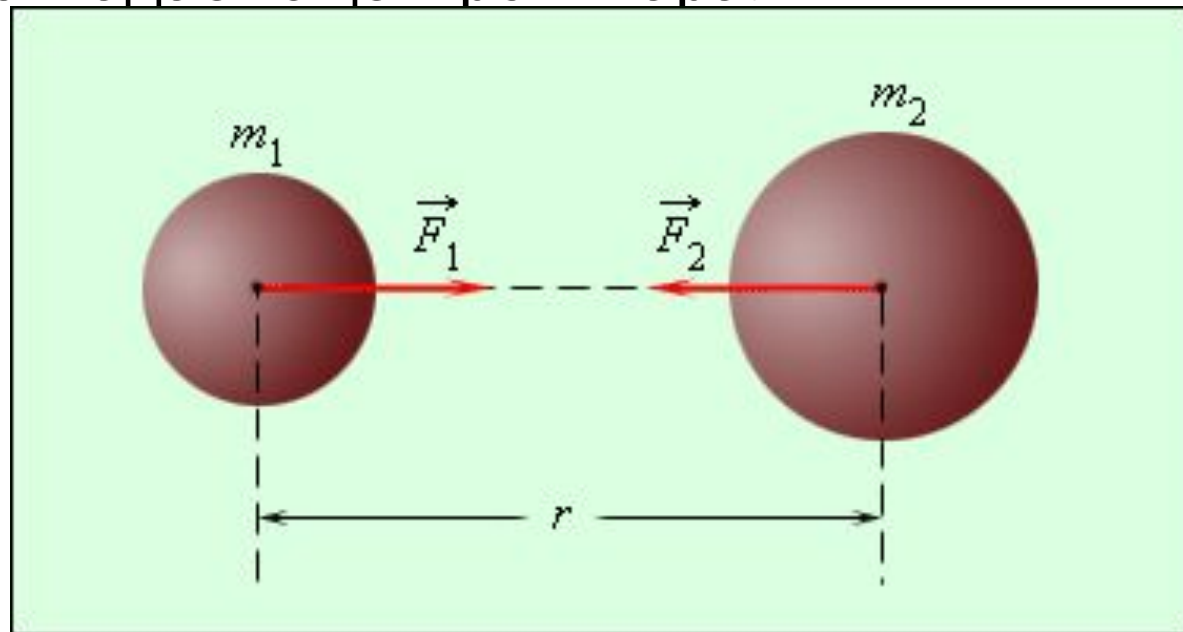
- гравитационное,
- слабое,
- электромагнитное,
- сильным



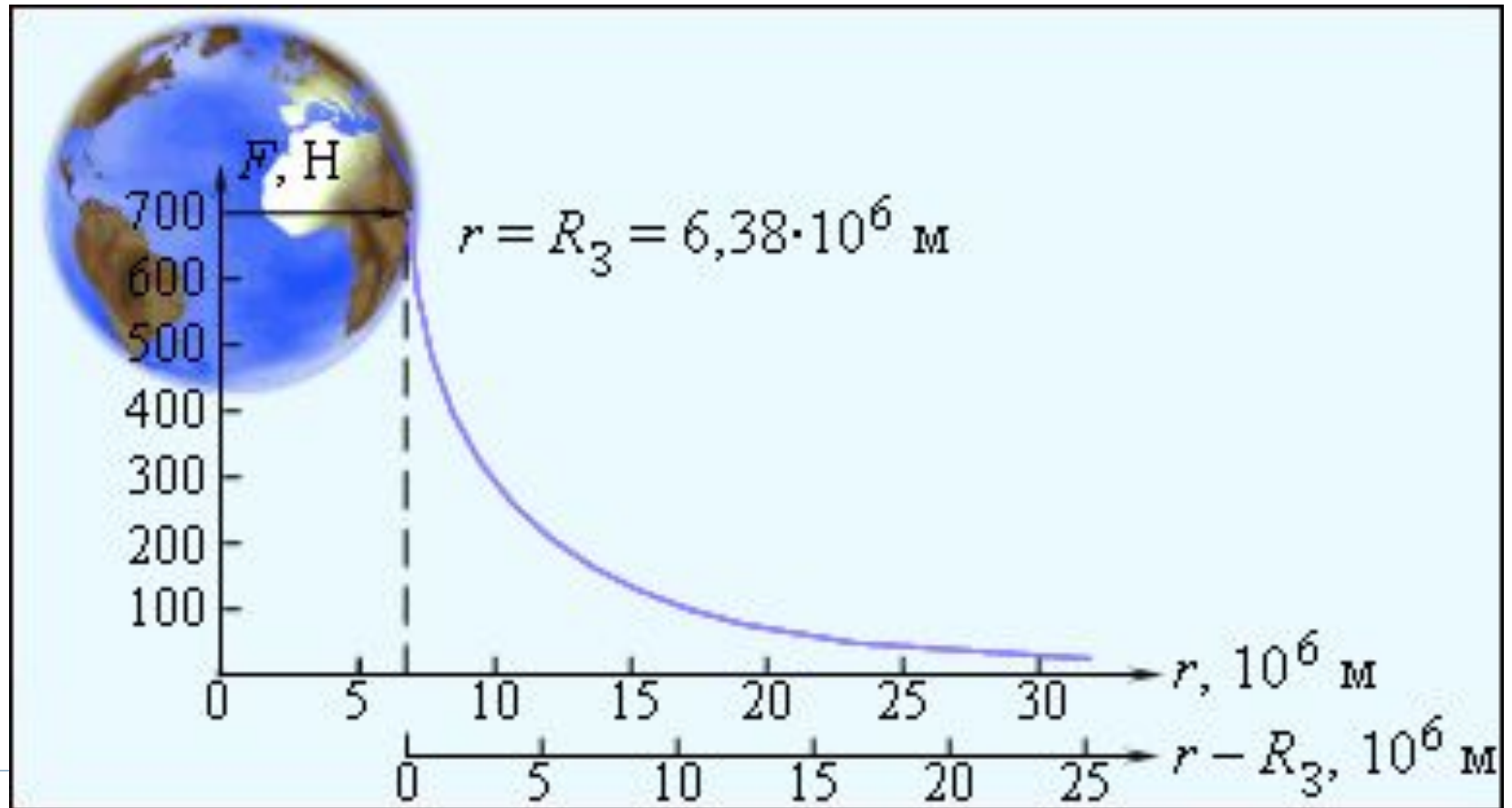
В случае не слишком большой интенсивности и при медленном движении тел ($v \ll c$) гравитационное взаимодействие подчиняется закону всемирного тяготения (И. Ньютон, 1687).

В общем случае гравитационное взаимодействие тел описывается общей теорией относительности (А. Эйнштейн, 1915).

Закон всемирного тяготения был открыт И. Ньютоном Закон всемирного тяготения был открыт И. Ньютоном в 1682 году. Еще в 1665 году 23-летний Ньютон высказал предположение, что силы, удерживающие Луну на ее орбите, той же природы, что и силы, заставляющие яблоко падать на Землю. По его гипотезе между всеми телами Вселенной действуют силы притяжения (гравитационные силы), направленные по линии, соединяющей центры масс. У тела в виде однородного шара центр масс совпадает с центром шара.



При удалении от поверхности Земли сила земного тяготения и ускорение свободного падения изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния r до центра Земли. Рисунок иллюстрирует изменение силы тяготения, действующей на космонавта в космическом корабле при его удалении от Земли.



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

F – сила гравитационного притяжения
 m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, кг
 r – расстояние между телами
(центрами масс тел), м
 G – коэффициент (гравитационная
постоянная) $\approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

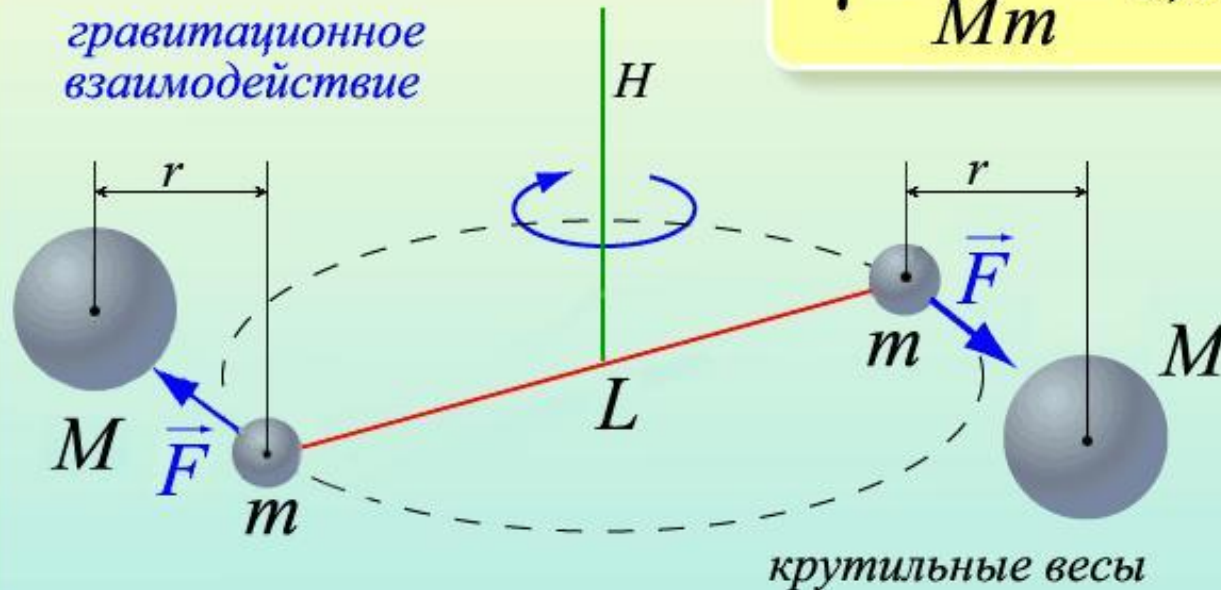
ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

– сила гравитационного притяжения любых двух частиц (материальных точек) прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Английский ученый лорд Кавендиш в 18 веке проделал опыт по измерению гравитационной постоянной с помощью крутильных весов. Этот опыт доказал также, что гравитационное взаимодействие существует между любыми телами.

Опыт Кавендиша

$$\gamma = \frac{Fr^2}{Mm} = 6,65 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$



H – тонкая нить

L – двухметровый стержень

m – свинцовые шары (диаметром 5 см и массой 775 г)

M – свинцовые шары (диаметром 20 см и массой 49,5 кг)

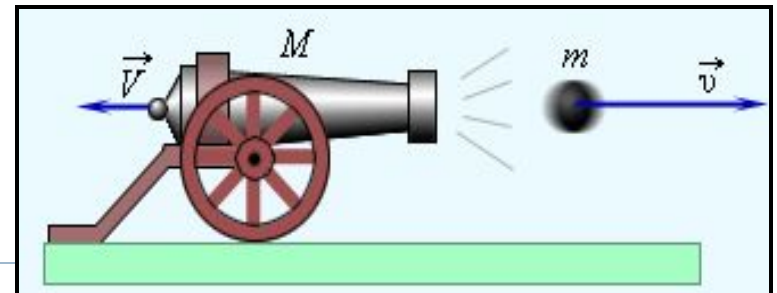
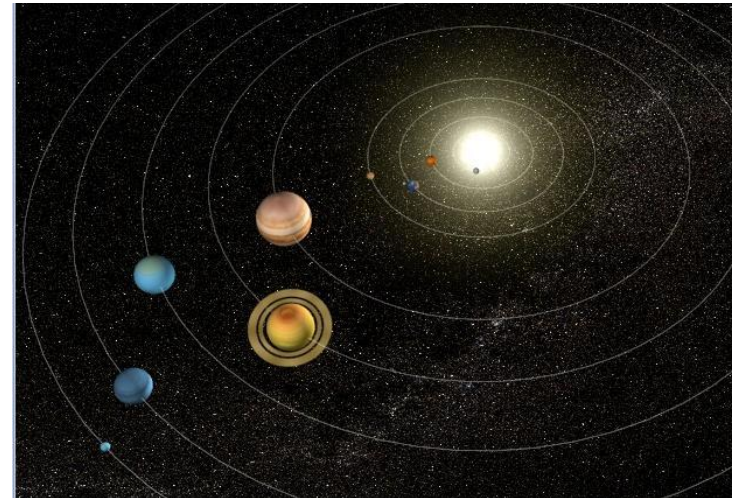
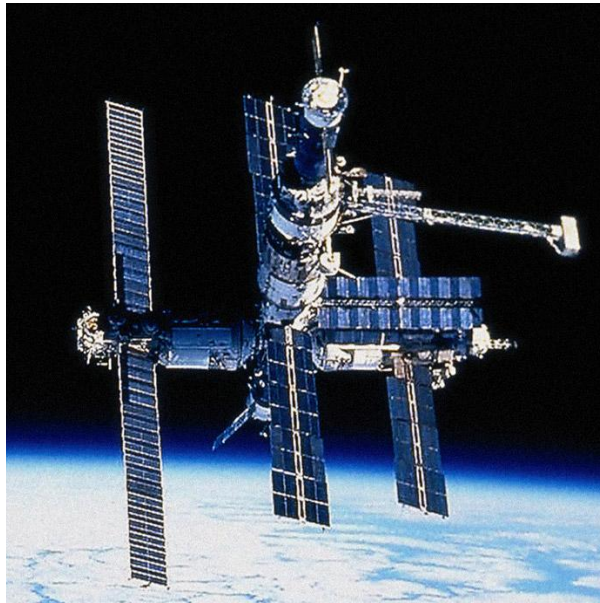
r – расстояния между большими и малыми шарами

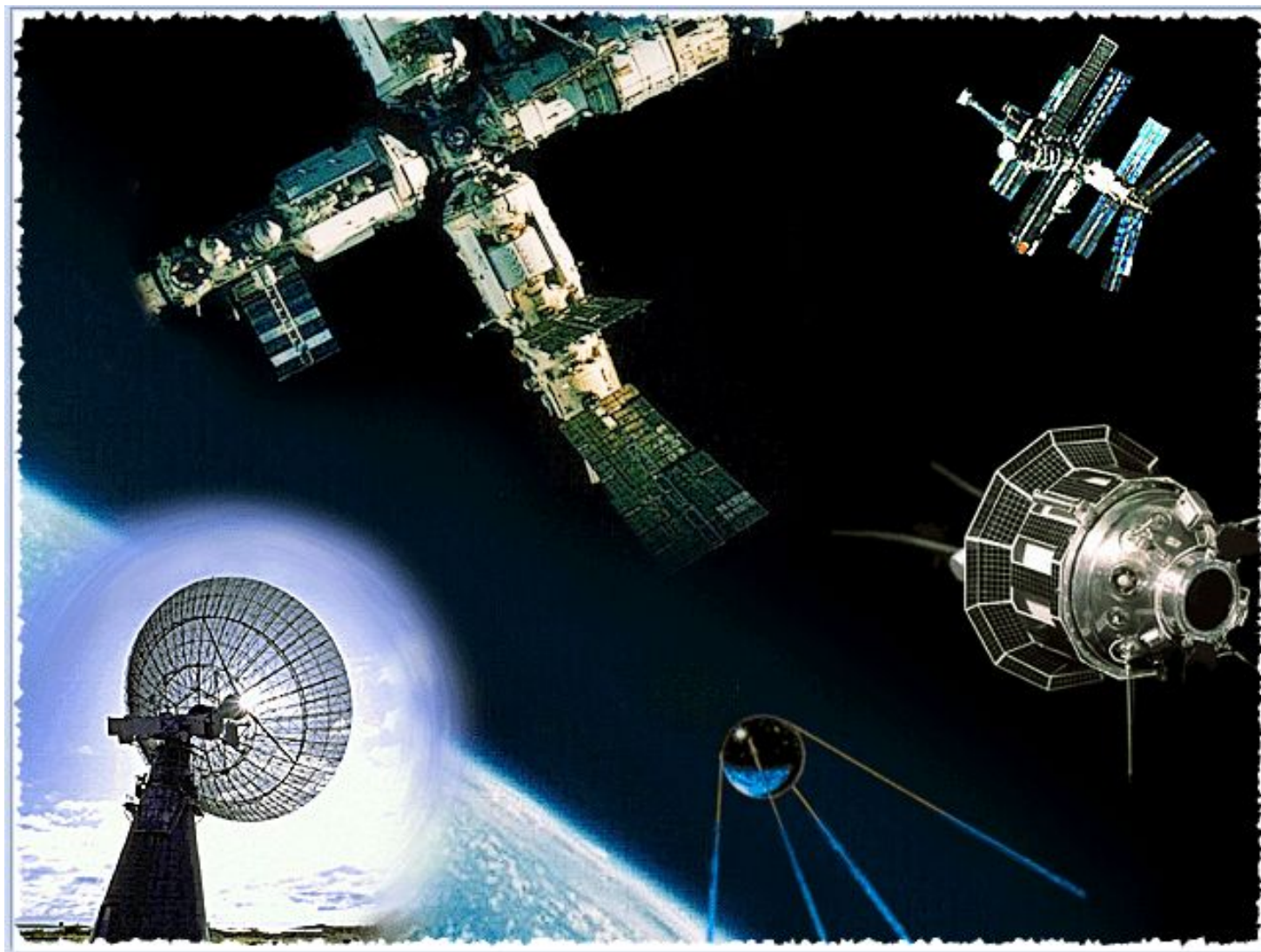
G – коэффициент (гравитационная постоянная) $\approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

Гравитационная постоянная численно равна силе гравитационного притяжения двух тел, массой по 1 кг каждое , находящихся на расстоянии 1м одного от другого.



Многие явления в природе объясняются действием сил всемирного тяготения. ***Движение планет в Солнечной системе, искусственных спутников Земли, траектории полета баллистических ракет, движение тел вблизи поверхности Земли*** – все они находят объяснение на основе закона всемирного тяготения и законов динамики.

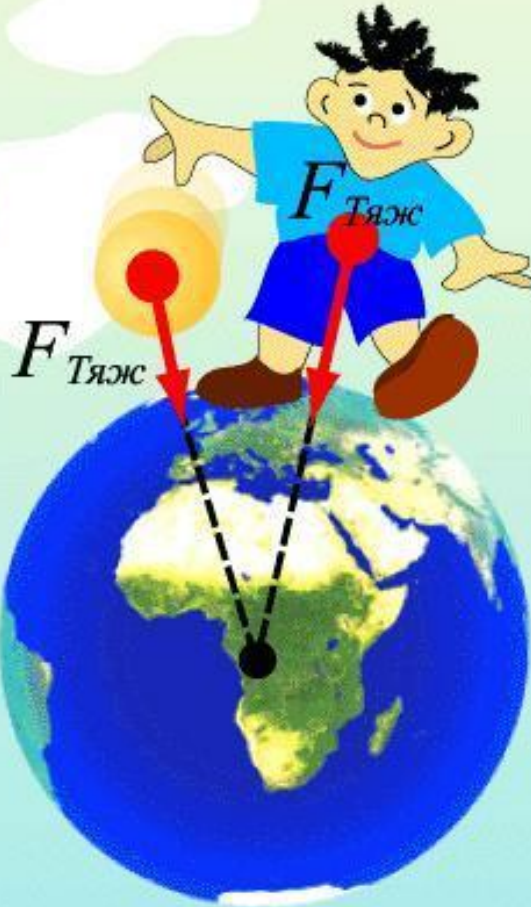




Под действием гравитационных сил планеты Солнечной системы удерживаются возле Солнца. Притягивая к себе спутники, Земля заставляет их вращаться по околоземным орбитам. Сила тяготения на поверхности Земли вызывает такое знакомое всем явление, как падение.

Сила тяжести

– сила, действующая на все тела со стороны Земли



$$F_{\text{Тяж}} = mg$$

В каждой точке вокруг Земли сила тяжести направлена вниз, то есть к центру планеты.

Одним из проявлений силы всемирного тяготения является **сила тяжести**.

$$F_{\text{тяж}} = g \cdot m$$

$F_{\text{тяж}}$ – сила тяжести, Н

m – масса тела, кг

g – ускорение свободного падения,
м/с² (м/с²=Н/кг)

Если M – масса Земли, R_3 – ее радиус, m – масса данного тела, то сила тяжести равна

$$F = G \frac{M}{R_3^2} m = mg,$$

где g – **ускорение свободного падения** у поверхности Земли:

$$g = G \frac{M}{R_3^2}$$

$$g = G \frac{M}{(R_3 + h)^2}$$



$$g \cong G \cdot \frac{M_3}{R_3^2} \cong 9,8 \text{ м/с}^2$$

- g – ускорение свободного падения, м/с^2
 G – гравитационная постоянная, $\text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
 M_3 – масса Земли, кг
 R_3 – радиус Земли, м

$g_{\text{Урана}} = 8,7 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Нептуна}} = 12,1 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Сатурна}} = 15,2 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Плутона}} = 0,53 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Юпитера}} = 25,0 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Марса}} = 3,7 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Земли}} = 9,81 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Венеры}} = 8,85 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Луны}} = 1,63 \text{ м/с}^2$

$g_{\text{Меркурия}} = 3,73 \text{ м/с}^2$

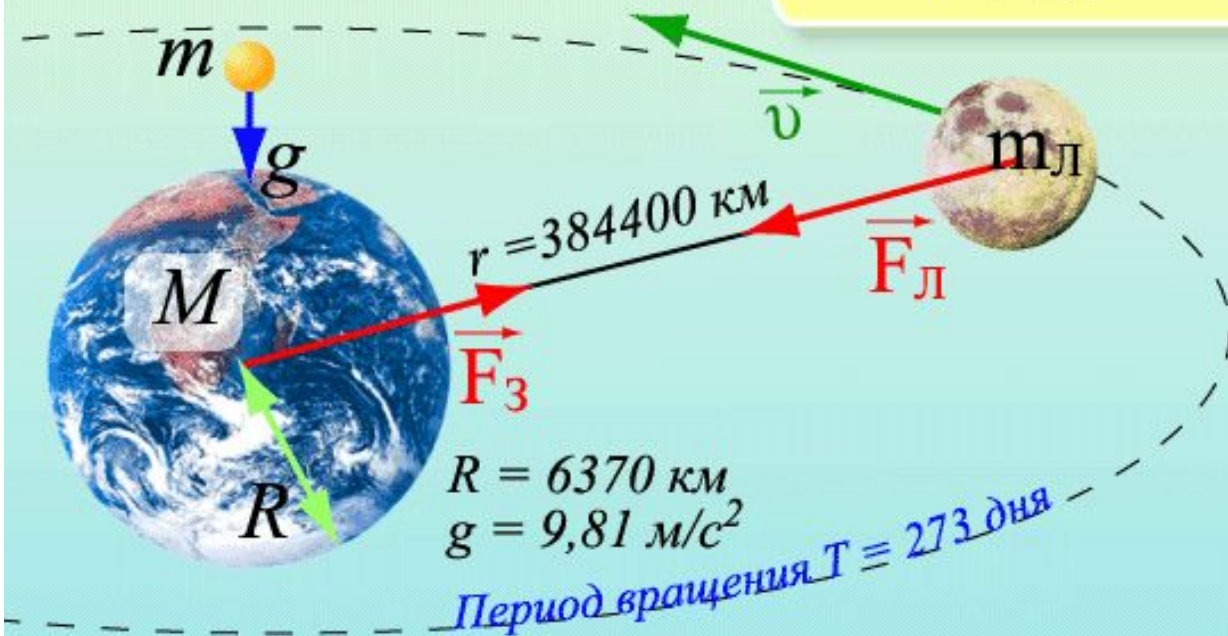
Центростремительное ускорение Луны

$$a_{цс} = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$m_{Л} a = \gamma \frac{M m_{Л}}{r^2}$$

$$m g = \gamma \frac{m M}{R^2}$$

$$a = g \left(\frac{R}{r} \right)^2 \approx 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$



Совпадение $a_{цс}$ и a убедило Ньютона в справедливости закона

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