

**Законы Ньютона позволяют
решать различные практически
важные задачи, касающиеся
взаимодействия и движения тел.**

К выводу о существовании сил всемирного
тяготения пришел Ньютон в результате
изучения движения Луны вокруг Земли и
планет вокруг Солнца.

Силы в природе

Четыре типа сил

1. Гравитационные
2. Электромагнитные
3. Сильные (ядерные)
4. Слабые

Сравнение сил

- ♦ Ядерные силы – самые мощные в природе.
- ♦ Электромагнитные взаимодействия в 100 раз слабее ядерных сил.
- ♦ Гравитационные взаимодействия слабее ядерных в 10^{40} раз.
- ♦ Слабые взаимодействия слабее ядерных в 10^{-16} раз.

МЕХАНИКА



ИЗЛОЖЕНИЕ

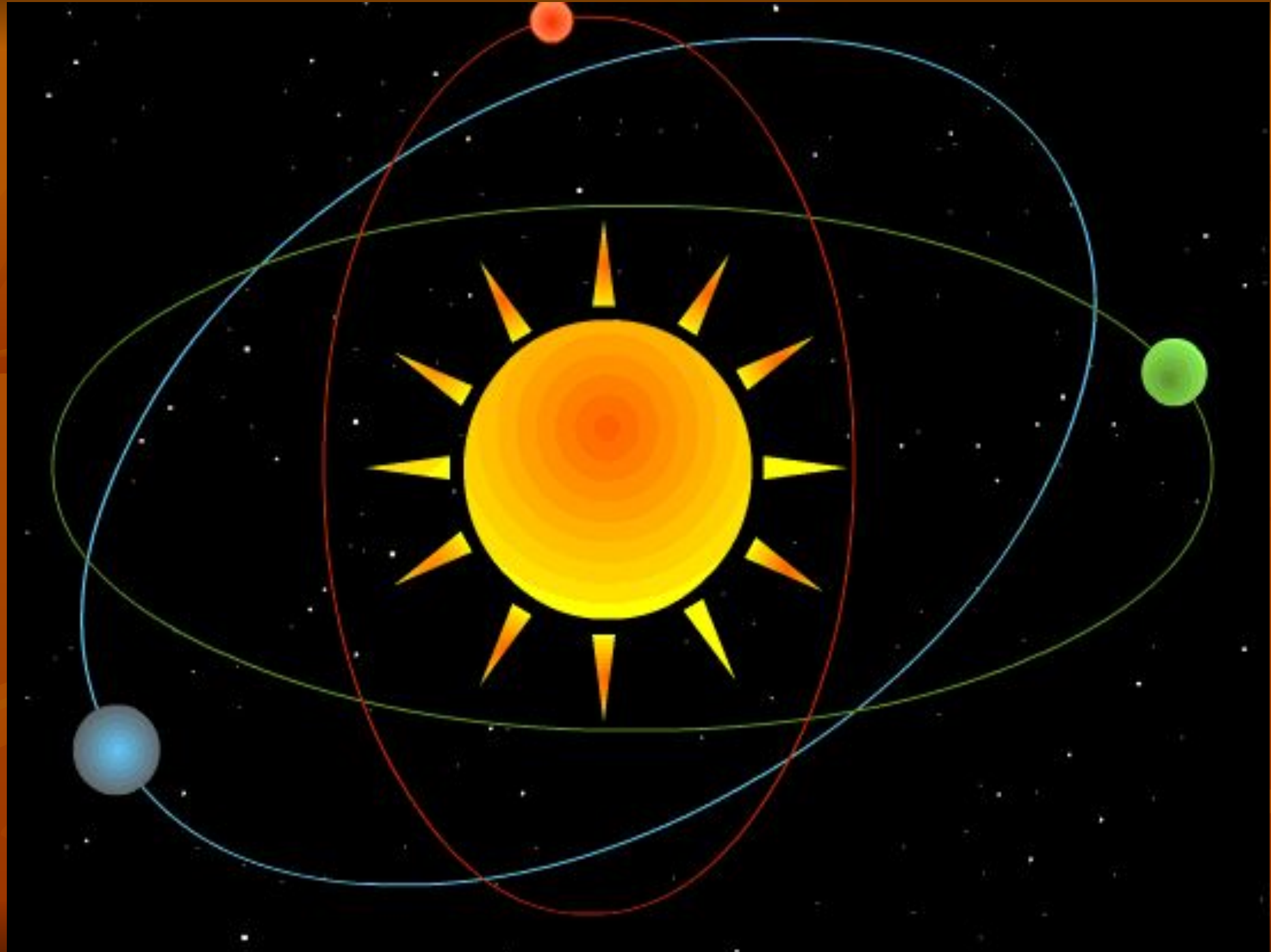
В механике мы имеем дело с тремя силами

- Сила тяготения ← Гравитационная природа
- Сила трения ← Электромагнитная природа
- Сила упругости ← Электромагнитная природа

В 1667 году Ньютон
сформулировал
закон всемирного тяготения.

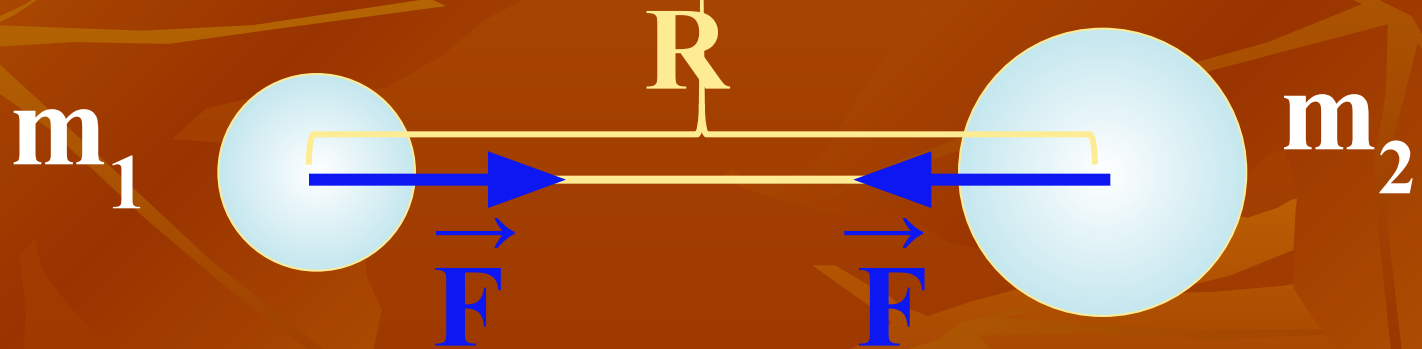
$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ - Гравитационная постоянная



Закон тяготения сформулирован для материальных точек в вакууме.

Он также справедлив для
однородных тел, имеющих
шарообразную форму.



**Силы гравитационного
взаимодействия направлены
вдоль линии, соединяющей
центры масс.**

**Такого рода силы называются
центральными.**

Частным видом силы всемирного тяготения является сила притяжения к Земле.

Согласно закону всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}, \text{ где}$$

- m – масса тела;
- M – масса Земли; $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
- R – радиус Земли; $R = 6\,370 \text{ км}$
- h – высота тела над поверхностью Земли.

Земля действует на тела с
некоторой силой, называемой
силой тяжести,
пропорциональной массе тела

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



Земля сообщает всем телам у
поверхности одно и то же
ускорение $g = 9,8 \text{ м/с}^2$

Покажем, что ускорение
свободного падения g не зависит
от массы тела.

Согласно 2-му закону Ньютона $F = ma$,
но в нашем случае $F = F_T = mg$.

Тогда, учитывая предыдущую формулу:

$$mg = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2} \Rightarrow g = G \frac{M}{(R + h)^2}$$

Найдем модуль ускорения свободного падения на поверхности Земли ($h = 0$).

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



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

- Из формулы видно, что ускорение свободного падения не зависит от массы тела. Оно уменьшается при подъеме тела над поверхностью Земли.
- Если высота h над поверхностью Земли не превышает **100 км**, то при расчетах, допускающих погрешность **≈1,5%**, этой высотой **можно пренебречь** по сравнению с радиусом Земли.

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

$$mg = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2} \Rightarrow$$

Ускорение свободного падения зависит от географической широты.

- Земля сплюснута у полюсов.
Экваториальный радиус Земли больше
полярного на 21 км. $\Rightarrow$ g больше на
полюсах, чем на экваторе.
- Из-за вращения Земли вокруг своей оси g
во всех местах, кроме экватора и полюсов,
не направлено точно к центру Земли.

Расчет первой космической скорости

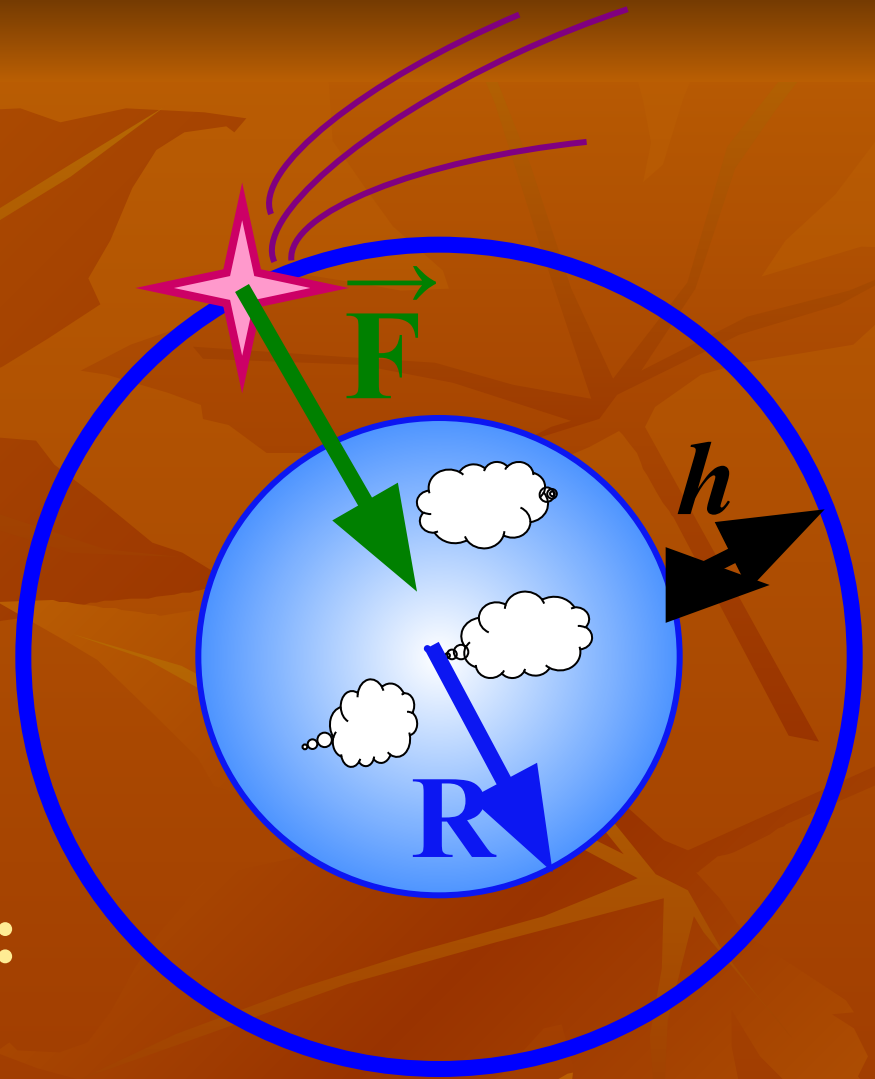
- Вычислим скорость, которую надо сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником Земли.
- В этом случае тело движется по приблизительно круговой орбите вокруг Земли на некоторой высоте h над Землей.
- Будем считать, что на тело действует только одна гравитационная сила, направленная к центру Земли (сопротивлением воздуха пренебрегаем).

Гравитационная сила
сообщает спутнику
центростремительное
ускорение.

$$a = \frac{v^2}{R + h}$$

По 2-му закону Ньютона:

$$F = ma = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}$$



Решаем систему уравнений:

$$a = \frac{V^2}{R + h}$$

$$ma = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2} \Rightarrow \frac{mV^2}{R + h} = G \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}$$

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + h}}$$

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + h}}$$

- Скорость спутника зависит от высоты полета над Землей *h и не зависит от его массы m* .
- Если принять *$h = 0$* , то у поверхности Земли:

$$V = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$$

- Если сопротивление воздуха не учитывать, то тело с такой скоростью, заданной ему в горизонтальном направлении, *перпендикулярно радиусу планеты*, становится спутником Земли.

Величины, необходимые для решения задач.

Масса Земли	$M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Земли	$R = 6\,370 \text{ км}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$
Ускорение свободного падения	$g = 9,8 \text{ м / с}^2$

Часто бывает очень сложно
определить действующие на тело
силы. Поэтому для решения
многих задач используют еще одну
важнейшую физическую величину
— **импульс тела**, о котором мы
будем говорить на следующем
уроке.