

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Сила всемирного тяготения

Сила всемирного тяготения $F_{\text{тяг}}$ (Н) — сила, с которой все тела притягиваются друг к другу. Эта сила наиболее заметно проявляется при взаимодействии массивных тел (звёзд, планет, их спутников).

Закон всемирного тяготения (открыт И. Ньютоном):

два любых тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

$$F_{\text{тяг}} = \frac{Gm_1m_2}{r^2},$$

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

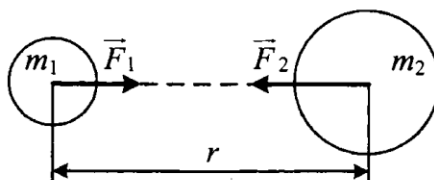
m_1 (кг) — масса первого тела,

m_2 (кг) — масса второго тела,

r (м) — расстояние между центрами тел

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

(по III з. Ньютона)



Задача №1

На каком расстоянии сила притяжения между двумя телами массой по 2 т каждое будет равна $6,67 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$?

Дано: СИ

$$m_1 = m_2 = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}$$
$$F_{\text{тяг}} = 6,67 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$$
$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$r = ?$

Решение

$$F_{\text{тяг}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$r = \sqrt{\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{F_{\text{тяг}}}}$$
$$r = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot (2000 \text{ кг})^2}{6,67 \cdot 10^{-9} \text{ Н}}}$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-11} \cdot 4 \cdot 10^6 \text{ м}^2}{10^{-9}}} = \sqrt{4 \cdot 10^4 \text{ м}^2} = 200 \text{ м}$$

Ответ: $r = 200 \text{ м}$

Задача №2

Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел увеличить в 6 раз, а массу второго уменьшить в 3 раза?

$$F_{\text{Тяг}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \Rightarrow F_{\text{Тяг}} \sim m_1 \cdot m_2 \Rightarrow$$

прямо
пропорцион.

$$\Rightarrow F'_{\text{Тяг}} \sim 6 m_1 \cdot \frac{m_2}{3} = 2 m_1 \cdot m_2$$

Ответ: $F_{\text{Тяг}}$ увеличится в 2 раза

Задача №3

Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел увеличить в 3 раза, а расстояние между центрами тел уменьшить в 3 раза?

$$F_{\text{Тяг}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \Rightarrow F_{\text{Тяг}} \sim \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \Rightarrow$$

прямо пропорц m
обратно пропорц r^2

$$\Rightarrow F'_{\text{Тяг}} \sim \frac{3 m_1 \cdot m_2}{\left(\frac{r}{3}\right)^2} = \frac{3 m_1 \cdot m_2}{\frac{r^2}{9}} = 27 \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Ответ: $F_{\text{Тяг}}$ увеличится в 27 раз.

1604(226) В одном из опытов Г. Кавендиша, упрощённая схема установки которого изображена на рисунке 250, сила притяжения между свинцовым шаром массой 155 кг и шариком массой 730 г на расстоянии 18,4 см была равна $2,2 \cdot 10^{-7}$ Н. Какое значение гравитационной постоянной получил учёный в этом опыте?

<p>Дано:</p> $F_{\text{ТЯГ}} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$ $m_1 = 155 \text{ кг}$ $m_2 = 730 \text{ г} = 0,73 \text{ кг}$ $r = 18,4 \text{ см} = 0,184 \text{ м}$ $G - ?$	СИ	<p>Решение</p> $F_{\text{ТЯГ}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ $G = \frac{r^2 \cdot F_{\text{ТЯГ}}}{m_1 \cdot m_2}$
--	----	--

$$G = \frac{(0,184 \text{ м})^2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}}{155 \text{ кг} \cdot 0,73 \text{ кг}} \approx 0,000658 \cdot 10^{-7} \text{ Н} =$$

$$= 6,58 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

Ответ: $G = 6,58 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$

1605(227) С какой силой притягиваются два железнодорожных вагона массой 70 т каждый, если расстояние между ними 200 м?

<p>Дано:</p> $m_1 = m_2 = 70 \text{ т} = 70 \cdot 10^3 \text{ кг}$ $r = 200 \text{ м}$ $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ $F_{\text{ТЯГ}} - ?$	СИ	<p>Решение</p> $F_{\text{ТЯГ}} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ $F_{\text{ТЯГ}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 70 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 70 \cdot 10^3 \text{ кг}}{(200 \text{ м})^2} =$
--	----	--

$$= \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 49 \cdot 10^8 \text{ Н}}{4 \cdot 10^4} = \frac{326,83 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{4 \cdot 10^4} \approx 82 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

$$= 8,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

Ответ: $F_{\text{ТЯГ}} = 8,2 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$

1606(228) Найдите силу гравитационного притяжения, действующую между Землёй и Луной, если масса Земли равна $6 \cdot 10^{24}$ кг, а масса Луны — $7,2 \cdot 10^{22}$ кг. Расстояние от Земли до Луны $3,8 \cdot 10^8$ м.

Дано:

$$M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$M_л = 7,2 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

$$r = 3,8 \cdot 10^8 \text{ м}$$

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

$$F_{\text{тяг}} = ?$$

Решение

$$F_{\text{тяг}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F_{\text{тяг}} = \frac{G \cdot M_3 \cdot M_л}{r^2}$$

$$F_{\text{тяг}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 7,2 \cdot 10^{22} \text{ кг}}{(3,8 \cdot 10^8 \text{ м})^2} =$$

$$= \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 43,2 \cdot 10^{46}}{14,44 \cdot 10^{16}} \text{ Н} \approx 20 \cdot 10^{19} \text{ Н} = 2 \cdot 10^{20} \text{ Н}$$

Ответ: $F_{\text{тяг}} = 2 \cdot 10^{20} \text{ Н}$