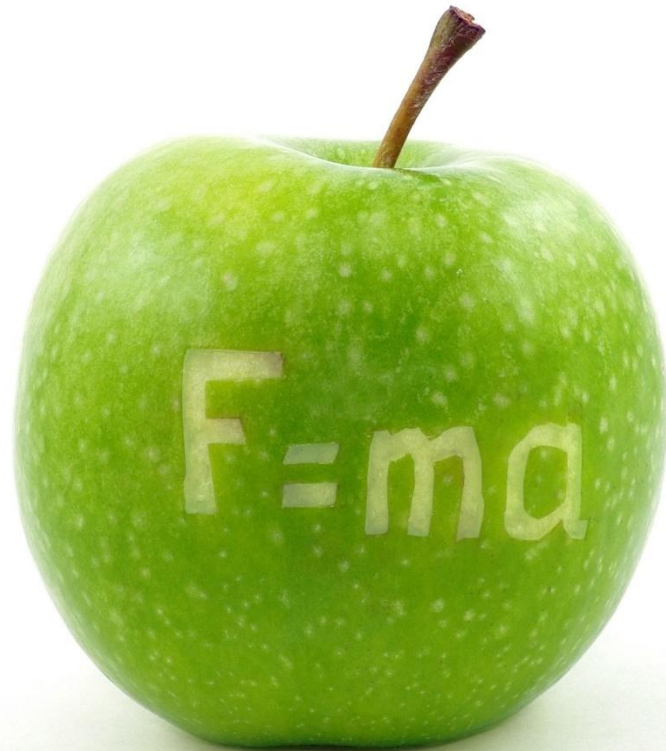


Динамика



- **Дина́мика** (греч. δύναμις «сила, мощь») — раздел механики, в котором изучаются причины возникновения механического движения.
- Динамика поступательного движения оперирует такими понятиями, как **масса, сила, импульс, потенциальная энергия, кинетическая энергия поступательного движения**. Динамика вращательного движения дополнительно оперирует понятиями: **момент инерции, момент силы, момент импульса, кинетическая энергия вращательного движения**.
- **Основная задача динамики** заключается в выяснении того, как изменяется механическое движение тел под влиянием приложенных к ним сил.

Сила – это векторная величина, являющаяся мерой действия на данное тело других тел или полей.

Единица измерения силы в СИ– Ньютон

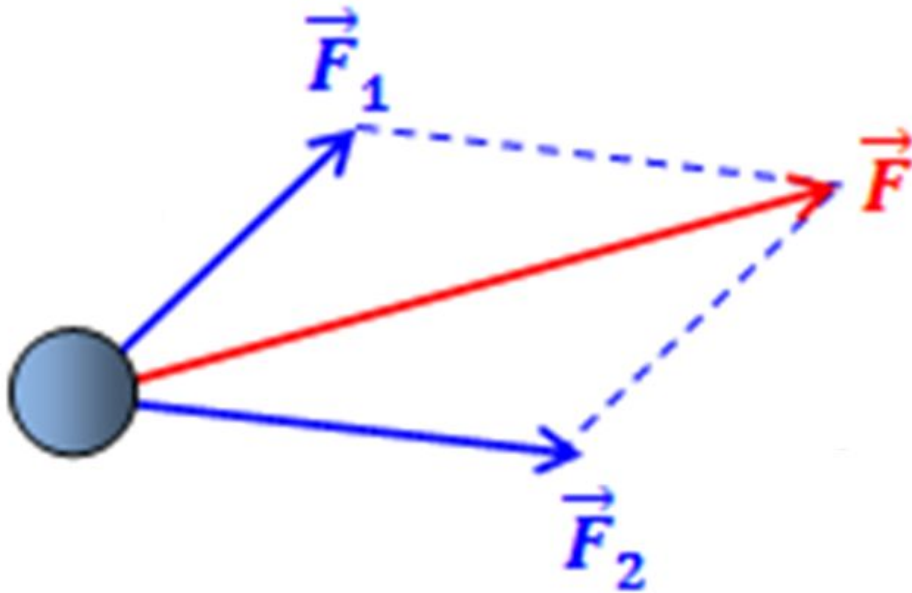
Сила характеризуется

- модулем;
- направлением;
- точкой приложения.



Сложение сил осуществляется по правилу сложения векторов (правило параллелограмма, правило треугольника).

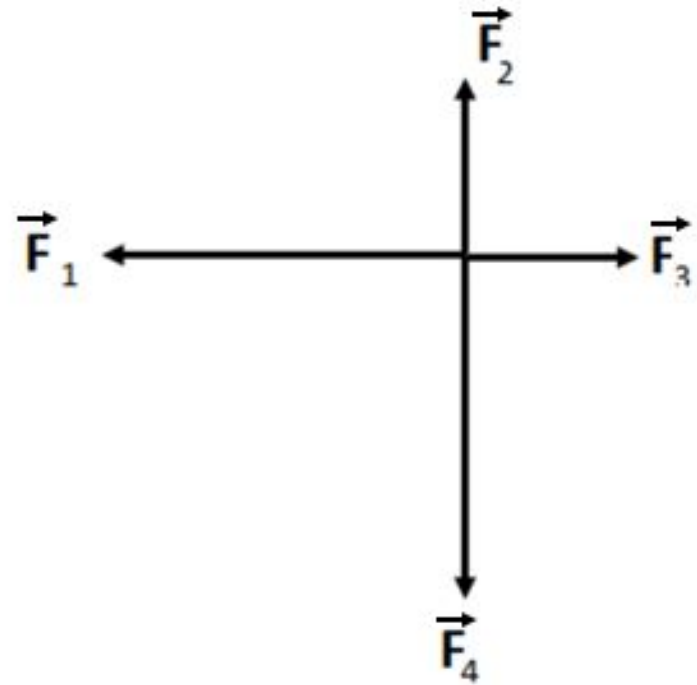
Равнодействующая сила – это сила, действие которой заменяет действие всех сил, приложенных к телу. Или, другими словами, равнодействующая всех сил, приложенных к телу, равна векторной сумме этих сил.



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

Задача

Определите модуль ускорения движения тела массой 2 кг, на которое действуют представленные на рисунке силы. Модули сил: $F_1=10$ Н; $F_2=F_3=4$ Н; $F_4=12$ Н.

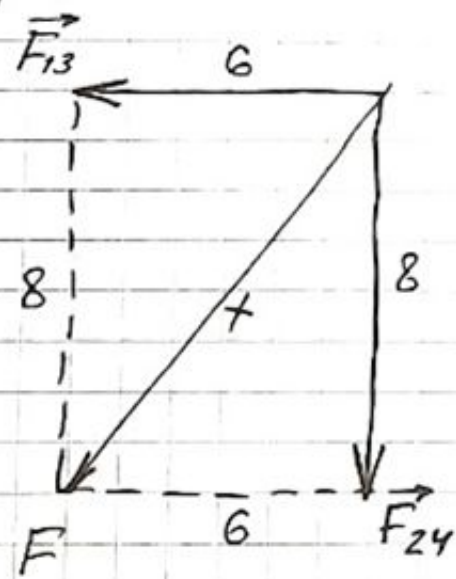


Решение:

Сначала сложим вектора \vec{F}_1 и \vec{F}_3 . В результате получим вектор \vec{F}_{13} , равный 6 Ньютона и направленный горизонтально влево.

Затем сложим вектора \vec{F}_2 и \vec{F}_4 . $\vec{F}_2 + \vec{F}_4 = \vec{F}_{24}$.

\vec{F}_{24} будет направлен вертикально вниз и по модулю равен $12 - 4 = 8$ Ньютона. $\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{24}$



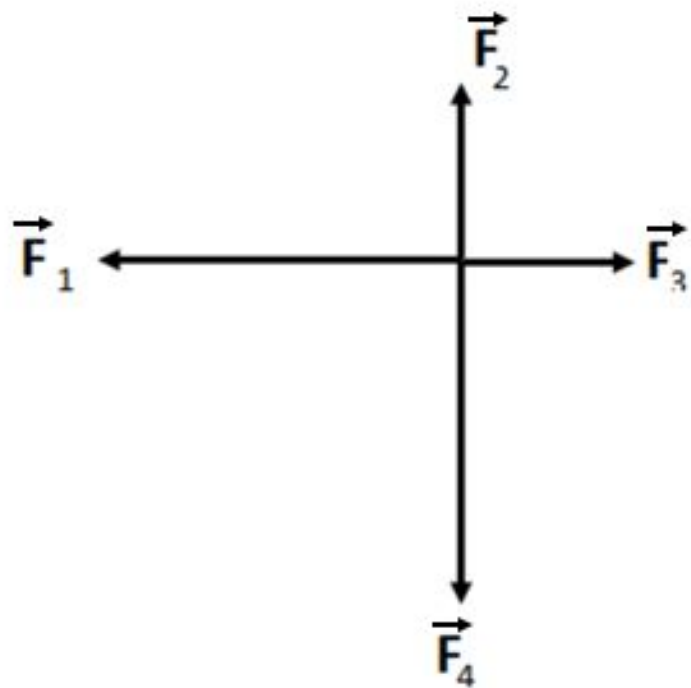
Далее воспользуемся теоремой

Пифагора:

$$x = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = \\ = \sqrt{100} = 10(\text{H})$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5 \left(\frac{\text{M}}{\text{c}^2} \right)$$

Ответ: $5 \frac{\text{M}}{\text{c}^2}$



Первый закон Ньютона самим Ньютоном был сформулирован следующим образом: «Всякое тело продолжает удерживаться в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние».

Системы отсчета, в которых соблюдается первый закон Ньютона называют **инерциальными**.

Инерция (от лат. бездеятельность)—явление сохранения состояния покоя или равномерного прямолинейного движения в отсутствие внешних воздействий, а также препятствования изменению скорости (как по модулю, так и по направлению) при наличии внешних воздействий.

Инертность - свойство тела сохранять состояние равномерного прямолинейного движения или покоя, когда действующие на него силы отсутствуют или взаимно уравновешены (в механике).

II закон Ньютона

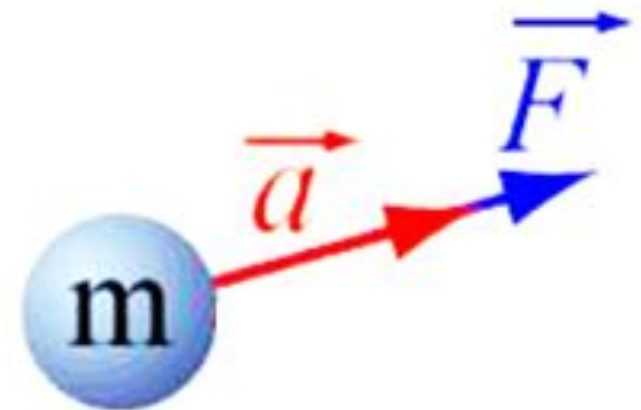
Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей всех сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

\vec{a} - ускорение тела, $\frac{м}{с^2}$;

\vec{F} - равнодействующая всех сил, приложенных к телу, Н;

m – масса тела, кг.



Масса — физическая величина, отвечающая способности физических тел сохранять своё поступательное движение (инертности) , а также характеризующая количество вещества.

Задача

Автомобиль массой 3 тонны, двигаясь прямолинейно равноускорено, за 20с уменьшил скорость своего движения от 39 до 21 км/ч. Определите модуль равнодействующей силы, вызвавшей это изменение скорости.

Дано:

$$m = 3 \text{ т}$$

$$t = 20 \text{ с}$$

$$v_1 = 39 \text{ км/ч} \quad 10,83 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 21 \text{ км/ч} \quad 5,83 \text{ м/с}$$

F = ?

СИ

$$3000 \text{ кг}$$

Решение

$$39 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 39 \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 10,83 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

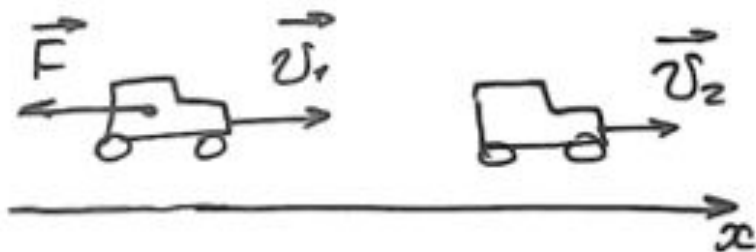
По II закону Ньютона: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow$

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{a} = \frac{v_2 - v_1}{t} \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1)$$

$$\vec{F} = m \frac{v_2 - v_1}{t}$$



Введем ось x чтобы избавиться от знаков векторов

(перейти к скалярной записи):

$$-F = m \frac{v_2 - v_1}{t} \quad | \cdot (-1)$$

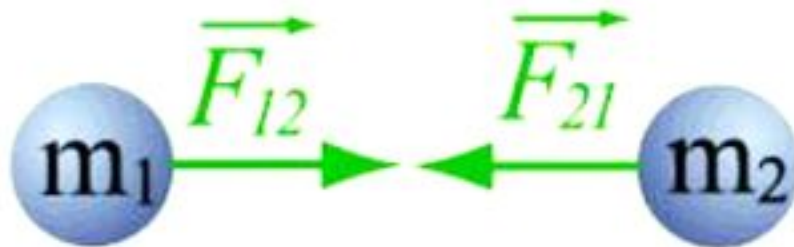
$$F = -m \frac{v_2 - v_1}{t} = -3000 \frac{5,83 - 10,83}{20} = 750 \text{ Н}$$

Ответ: 750 Н.

III закон Ньютона

Тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и направленными в противоположные стороны.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



Задача

Два бруска массами m_1 и m_2 связаны нитью. Под действием силы $F=12$ Н бруски скользят по столу без трения. Определите при каком соотношении масс брусков сила натяжения нити равна 3 Н



Дано:

$$m_1$$

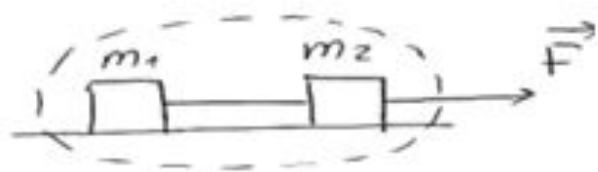
$$m_2$$

$$F = 12 \text{ Н}$$

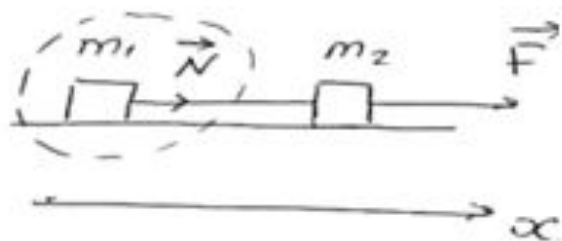
$$N = 3 \text{ Н}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = ?$$

Сл:



$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_1 + m_2}$$



$$\vec{a} = \frac{\vec{N}}{m_1}$$

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{F}{m_1 + m_2} \\ a &= \frac{N}{m_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{N}{m_1}$$

$$\frac{F}{N} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} = \frac{m_1}{m_1} + \frac{m_2}{m_1} = 1 + \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{F}{N} - 1$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{\frac{F}{N} - 1} = \frac{1}{\frac{12}{3} - 1} = \frac{1}{4 - 1} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$.

Законы Ньютона

I закон: Если сумма всех сил, приложенных к телу равна нулю, то тело будет покоиться или двигаться с постоянной скоростью (*справедливо только для инерциальной системы отсчета*):

$$\text{Если } \mathbf{F} = \mathbf{0} \Rightarrow \\ \mathbf{v} = \text{const}$$

II закон: Если сумма всех приложенных к телу сил, не равна нулю, то тело будет двигаться с ускорением \vec{a} , прямо пропорциональным равнодействующей силе \vec{F} и обратно пропорциональным его массе m :

$$\text{Если } \mathbf{F} \neq \mathbf{0} \Rightarrow \\ \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

III закон: С какой силой первое тело действует на второе, с такой же по модулю, но противоположной по направлению силой второе тело будет действовать на первое:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

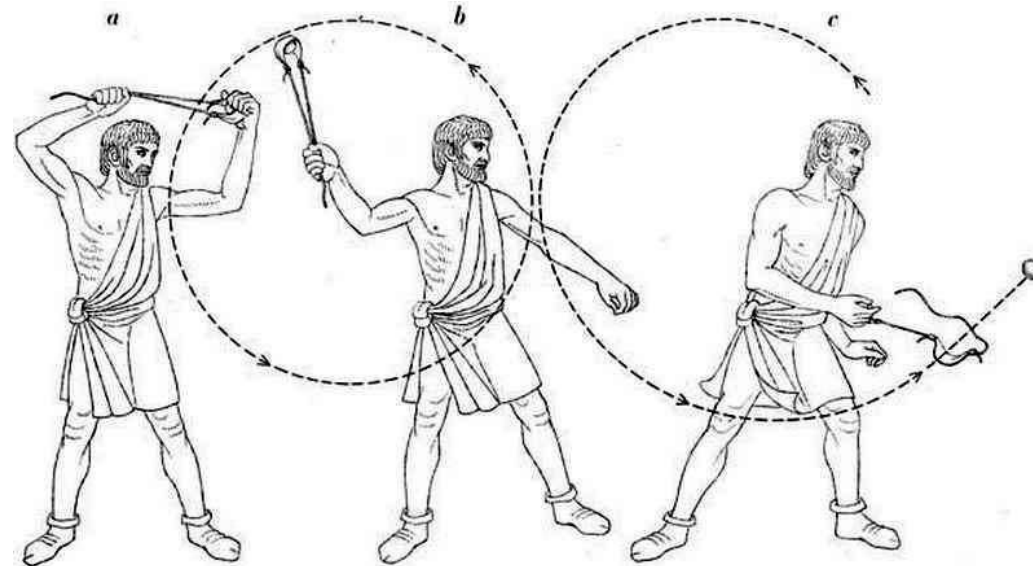
Основные виды сил:

- Центробежная сила
- Гравитационная сила
- Сила тяжести
- Вес тела
- Сила реакции опоры
- Сила упругости
- Сила трения

Центробежная сила

Согласно I закону Ньютона, любому физическому телу свойственно сохранять свое состояние покоя либо равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока на него не будет произведено какое-либо воздействие извне.

Центробежная сила – это воздействие, которое оказывает движущееся тело на то, что сковывает свободу его перемещения и заставляет двигаться криволинейно.



Как было сказано ранее в разделе «Кинематика», если тело движется равномерно по окружности, то изменение направления его скорости описывается центростремительным ускорением:

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R}$$

Причиной этого ускорения является сила, направленная перпендикулярно скорости тела в сторону центра окружности, по которой движется тело. Эту силу называют центростремительной. По II закону Ньютона эта сила должна быть равна:

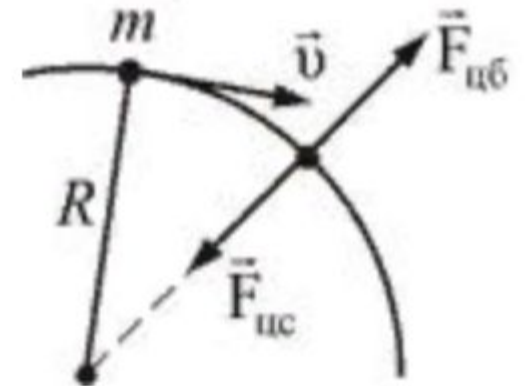
$$F_{\text{цс}} = m \cdot a_{\text{цс}} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

По III закону Ньютона сила действия равна силе противодействия. Значит если мы на тело действуем центростремительной силой, то тело будет противодействовать силой равной по модулю, но противоположной по направлению – центробежной силой:

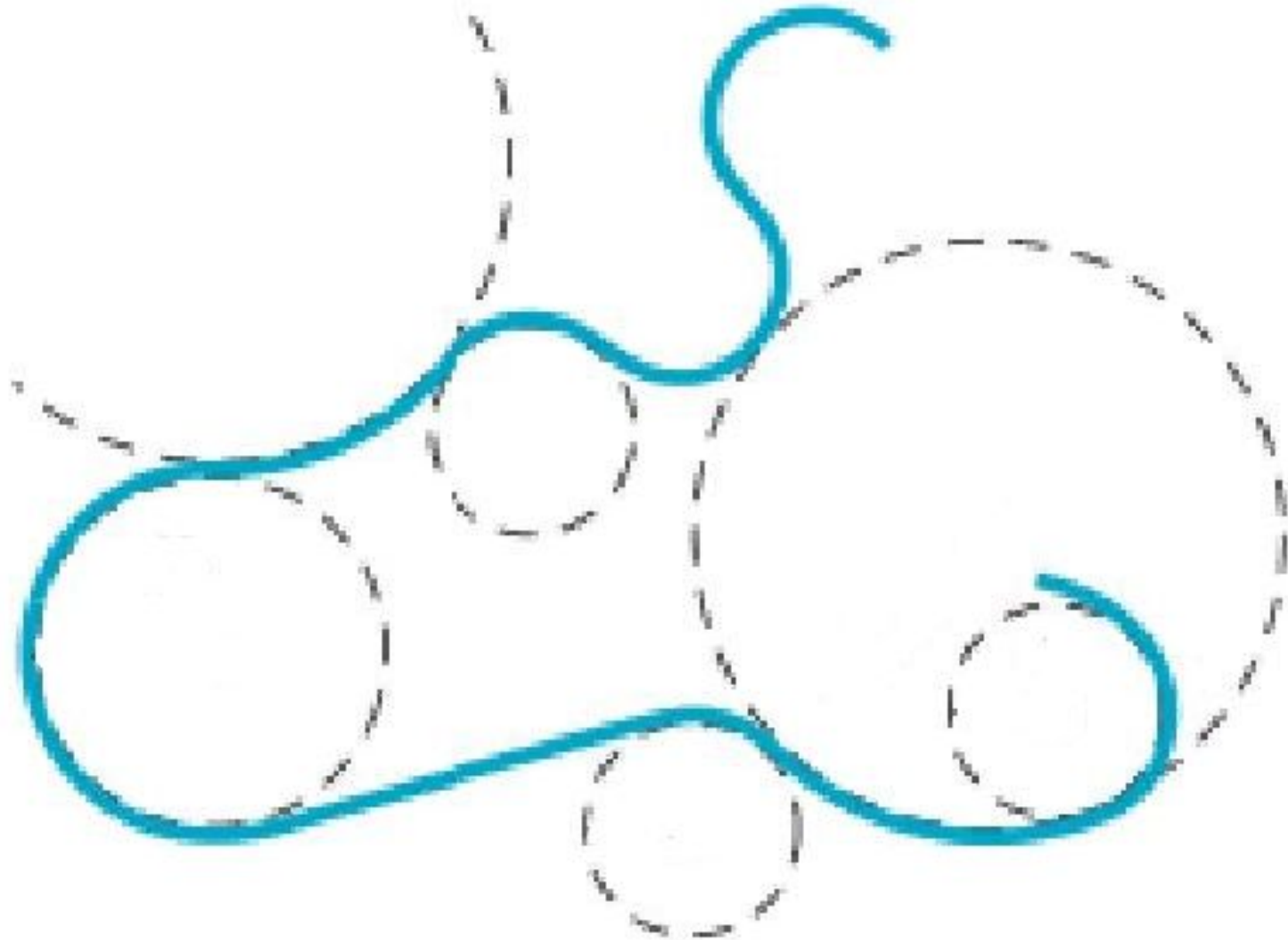
$$\vec{F}_{\text{цс}} = -\vec{F}_{\text{цб}}$$

Значит центробежная сила по модулю равна:

$$F_{\text{цб}} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

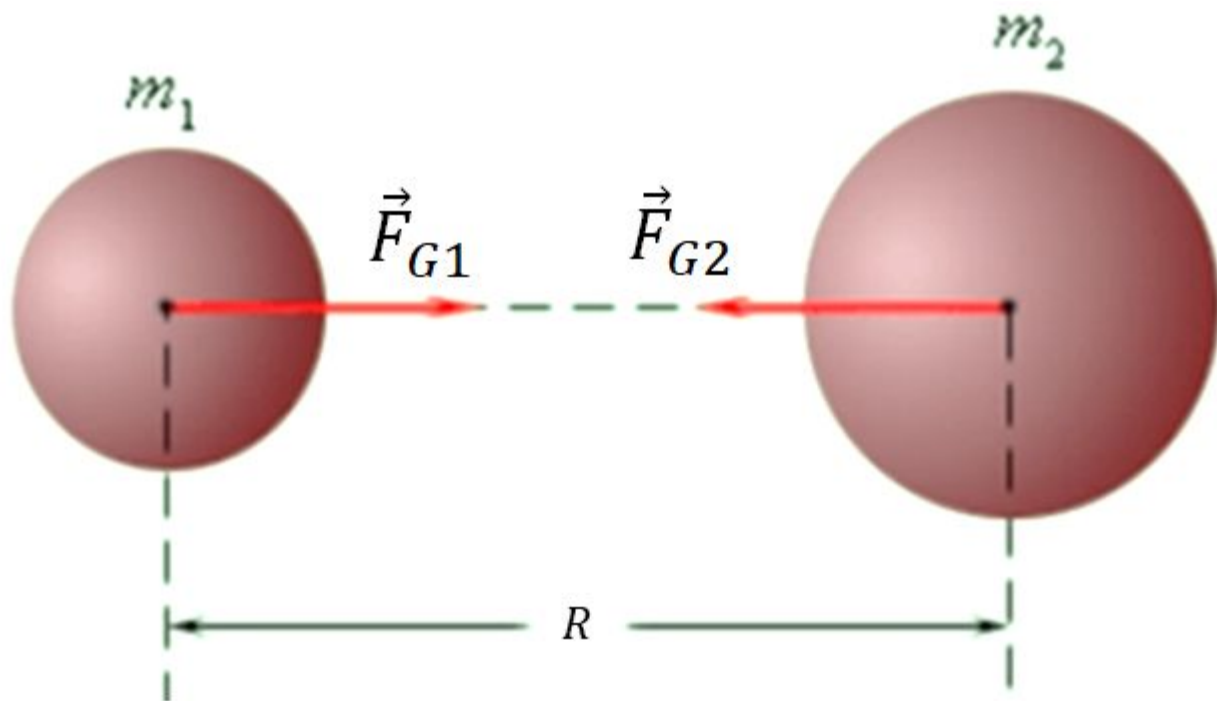


Любое криволинейное движение можно представить как совокупность движений по окружности, следовательно на такое тело будут действовать центробежные силы.



Закон всемирного тяготения.

Любые две материальные частицы притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.
(Исаак Ньютон в 1687 г.)



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

F_G – сила гравитационного взаимодействия, Н;

m_1 и m_2 – массы тел, кг;

R – расстояние между телами (центрами тел), м;

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

Задача

Расстояние между двумя банками с водой массой по 1 кг составляет несколько метров. Из одной банки перелили в другую 0,5 кг воды и поставили банки на те же места. Определите, во сколько раз изменилась сила гравитационного взаимодействия между банками.

Задача

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$
$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$m_1' = 0,5 \text{ кг}$$
$$m_2' = 1,5 \text{ кг}$$

$$R = R'$$

$$\frac{F'}{F} = ?$$

СИ

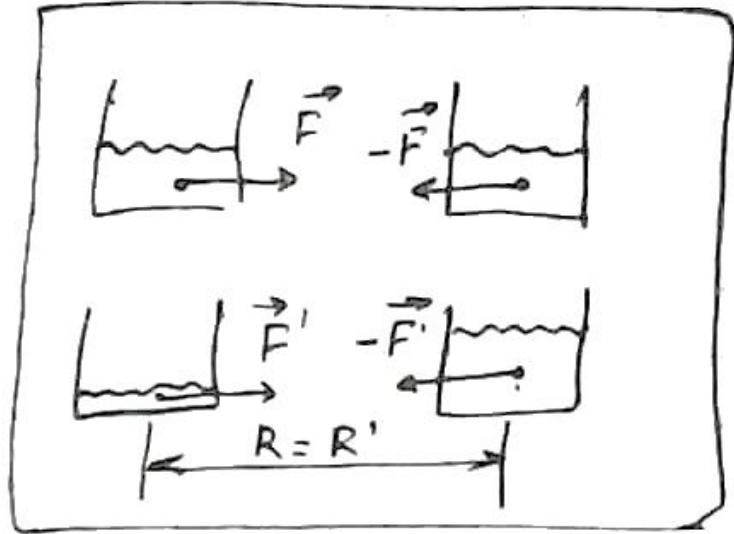
Решение:

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

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

$$\frac{F'}{F} = \frac{G \frac{m_1' \cdot m_2'}{R'^2}}{G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}} = \frac{m_1' \cdot m_2'}{m_1 \cdot m_2} = \frac{0,5 \cdot 1,5}{1 \cdot 1} =$$

$$= 0,75$$



Ответ: сила притяжения уменьшится на 25%.

Первая космическая скорость — минимальная скорость, которую необходимо придать объекту, чтобы он начал совершать движение по круговой орбите вокруг планеты.

$$F_G = F_{цб}$$

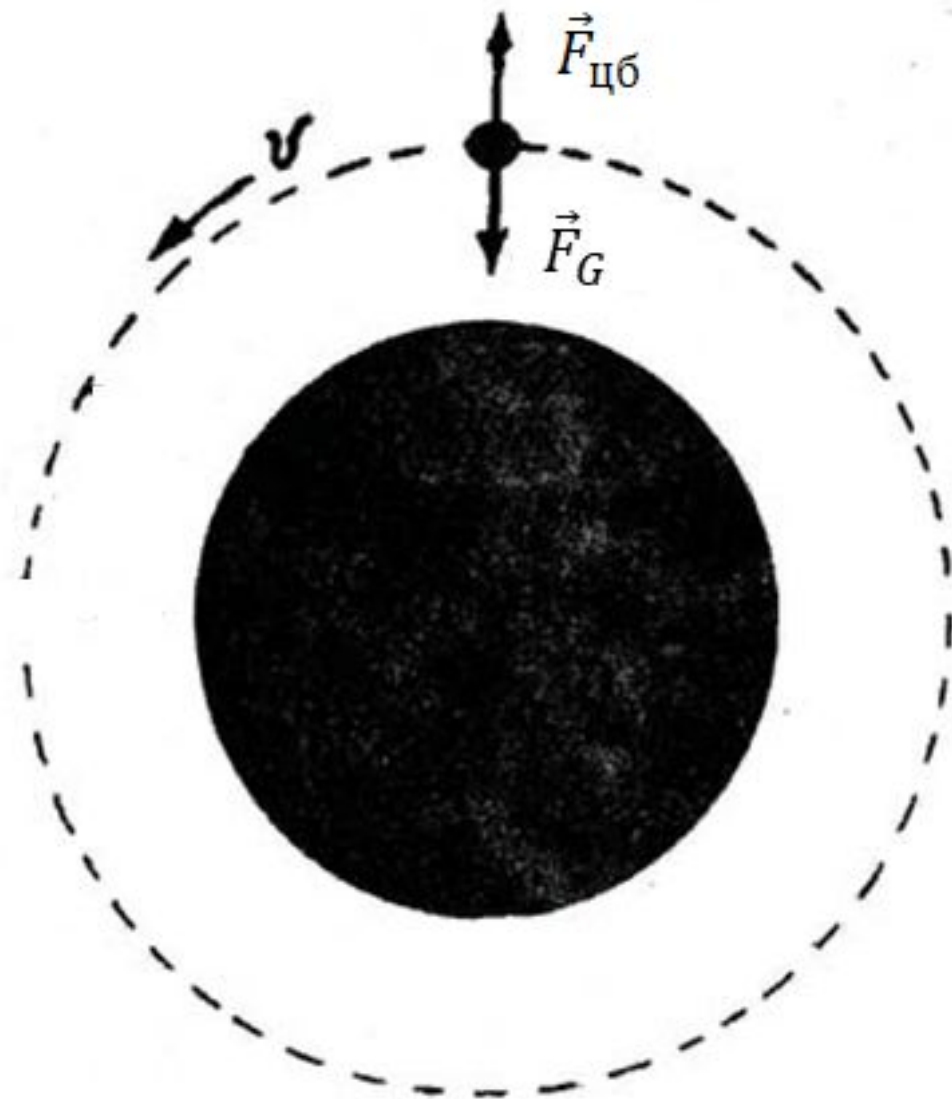
$$G \cdot \frac{M_3 \cdot m}{R^2} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M_3}{R_3}} \approx 7.91 \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right)$$

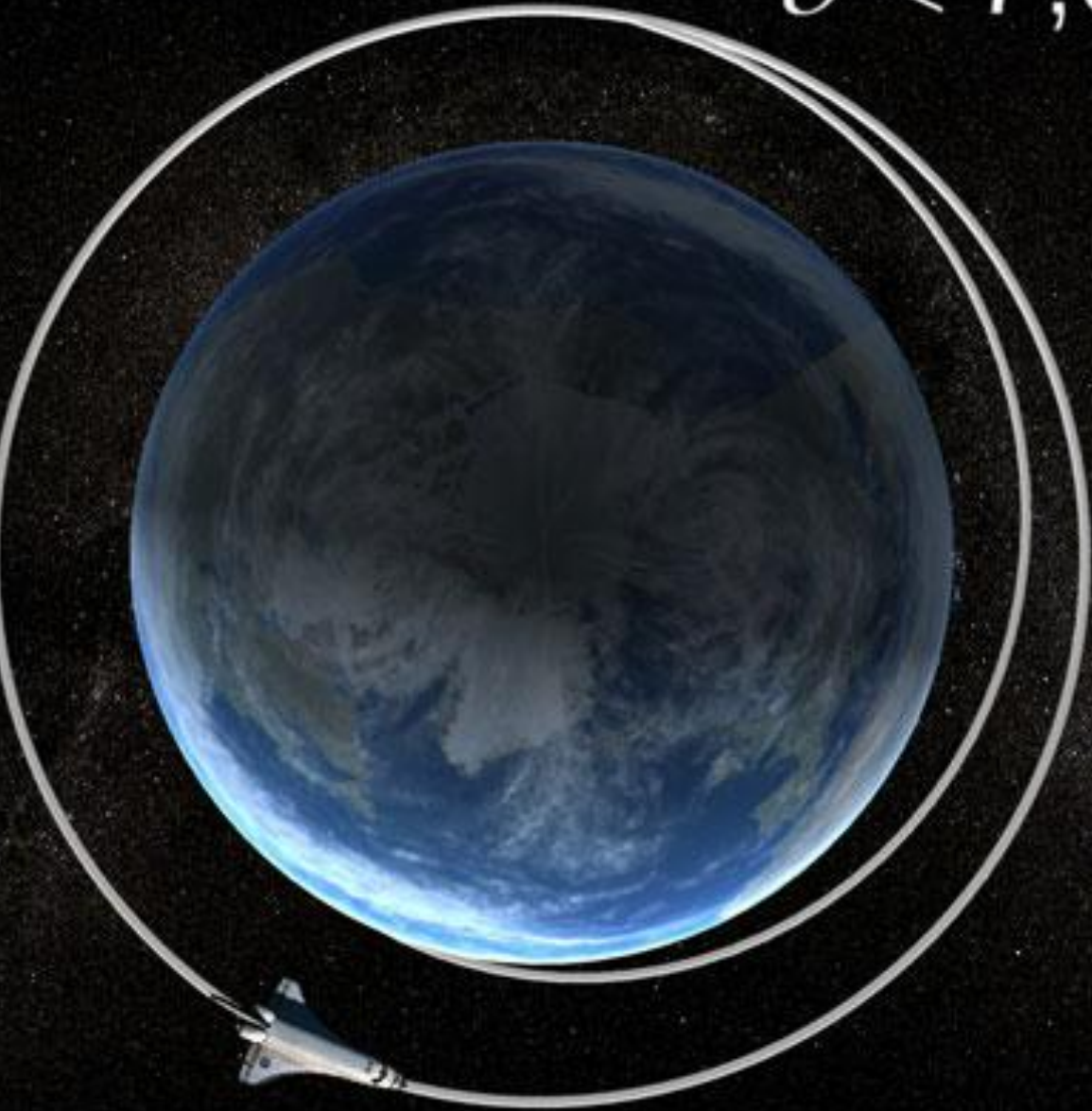
$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

$$M_3 = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$R_3 \approx 6.37 \cdot 10^6 \text{ м (в среднем)}$$



$$v < 7,9 \text{ Км/с}$$



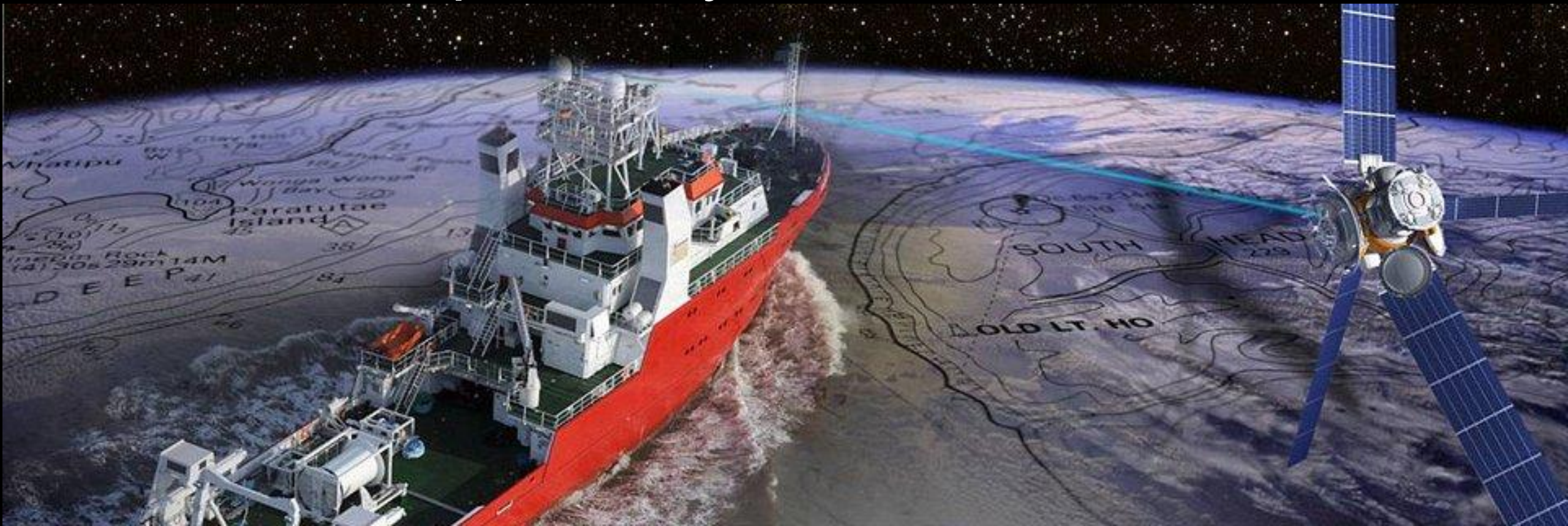
Вращаясь со скоростью $7.91 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ у поверхности Земли объект будет делать один оборот за время равное:

$$T = \frac{l}{v} = \frac{2\pi R_3}{v} \approx 88 \text{ (МИН)}$$

Задача

Высота орбиты спутника ГЛОНАСС 19100 км,
период обращения 11 часов 15 минут 44
секунды.

Найдите скорость спутника.



Дано:

$$T = 11 \text{ ч } 15 \text{ м } 44 \text{ с}$$

$$h = 19100 \text{ км}$$

$$R_3 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$v = ?$

И:

$$40544 \text{ с}$$

$$19100 \cdot 10^3 \text{ м}$$

Решение:

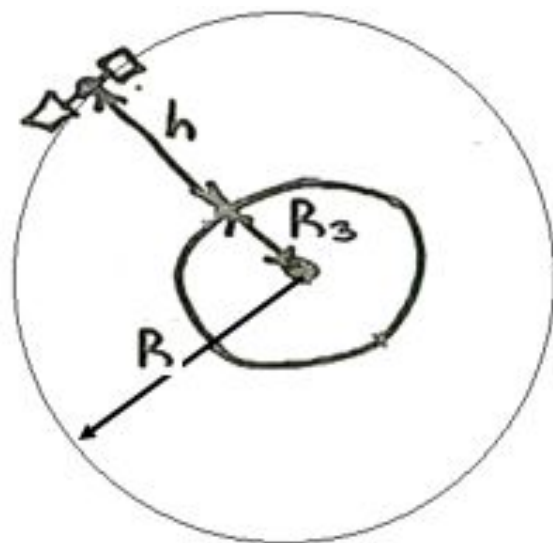
$$v = \frac{S}{t} = \frac{2\pi R}{T} =$$

$$= \frac{2 \cdot 3,14 (R_3 + h)}{T} =$$

$$= \frac{2 \cdot 3,14 (6,37 \cdot 10^6 + 19,1 \cdot 10^6)}{40544} =$$

$$= 3945 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 3945 м/с или 3,9 км/с.



Задача

Масса Луны $7,35 \cdot 10^{22}$ кг,
радиус Луны 1737 км.
Вычислите первую
космическую скорость
для Луны.



Дано:

CU

$$m_{\Lambda} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

$$R_{\Lambda} = 1737 \text{ км}$$

$v = ?$

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

$$1737 \cdot 10^3 \text{ м}$$

Решение.

$$F_{\text{г}} = G \frac{m_{\Lambda} \cdot m}{R_{\Lambda}^2} = m \frac{v^2}{R_{\Lambda}}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\Lambda}}{R_{\Lambda}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,35 \cdot 10^{22}}{1737 \cdot 10^3}} =$$

$$\approx 1680 \text{ м/с}$$

Ответ: 1680 м/с.

Скорость, которую нужно сообщить телу при запуске с поверхности Земли, чтобы оно вышло из сферы земного притяжения, называется **второй космической скоростью.**

$$V_2 = 11,2 \text{ км/с.}$$





Скорость, которую нужно сообщить телу при запуске с поверхности Земли, чтобы оно покинуло пределы Солнечной системы, называется **третьей космической скоростью.**

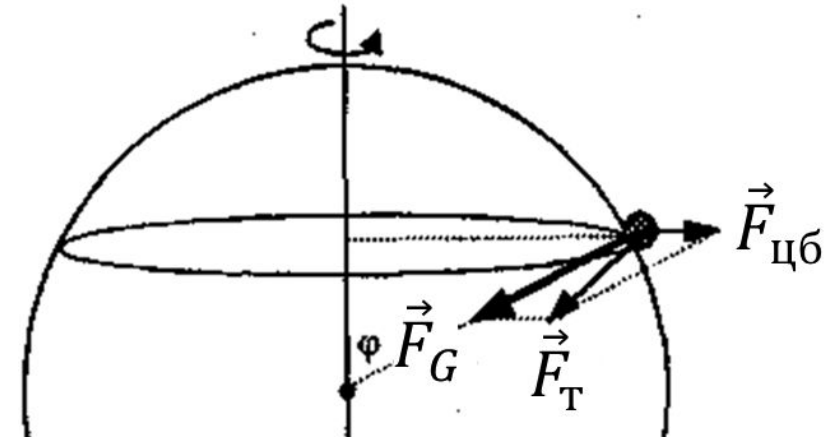
При запуске в направлении движения Земли

$$V_3 = 12 \text{ км/с.}$$

Сила тяжести

Сила тяжести — сила, действующая на любое тело, находящееся на поверхности планеты или другого астрономического тела. Сила тяжести складывается из силы гравитационного притяжения и центробежной силы инерции, вызванной суточным вращением планеты (если планета вращается).

$$\vec{F}_T = \vec{F}_G + \vec{F}_{цб}$$



$$F_{T \min} = F_G - F_{\text{цб max}}$$

$$F_G = G \cdot \frac{M_3 \cdot m}{R_3^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \cdot m}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \approx \mathbf{9,813 \cdot m}$$

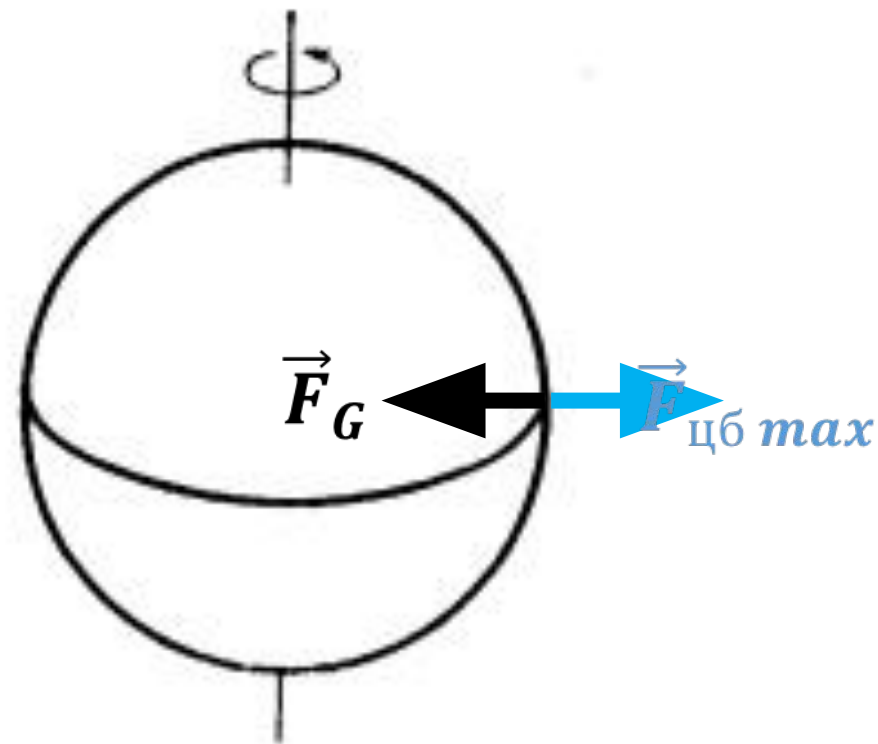
$$F_{\text{цб max}} = m \cdot \frac{v_{\text{max}}^2}{R_{\text{max}}} = m \cdot \frac{(\omega R_{\text{max}})^2}{R_{\text{max}}} = m \cdot \omega^2 R_{\text{max}} =$$

$$= m \cdot \omega^2 R_3 = m \cdot (7,3 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 6,37 \cdot 10^6 \approx \mathbf{0,034 \cdot m}$$

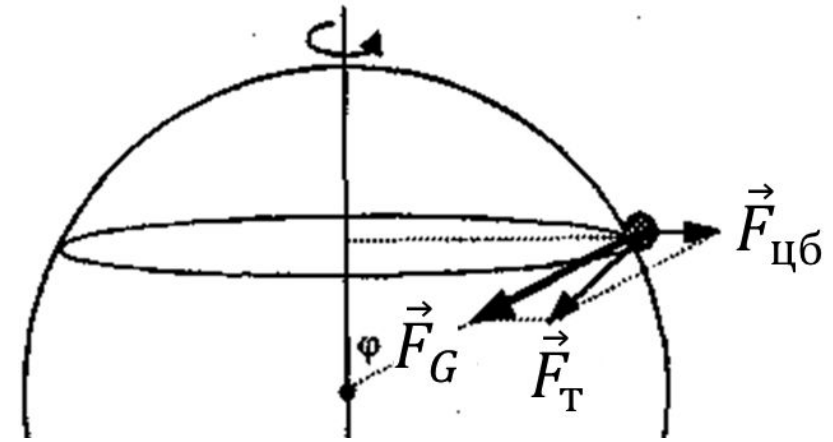
Примечание: ω – угловая скорость суточного вращения планеты Земля

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi \text{ радиан}}{24 \text{ часа}} = \frac{2 \cdot 3,14 \text{ радиан}}{24 \cdot 3600 \text{ секунд}}$$

$$= 7,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{радиан}}{\text{с}}$$



Сила тяжести



Для планеты Земля центробежная сила инерции пренебрежимо мала.

$$\vec{F}_T = \vec{F}_G + \vec{F}_{цб} \approx \vec{F}_G = m \cdot \underbrace{G \frac{M_3}{R_3^2}}_{g \approx 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = mg$$

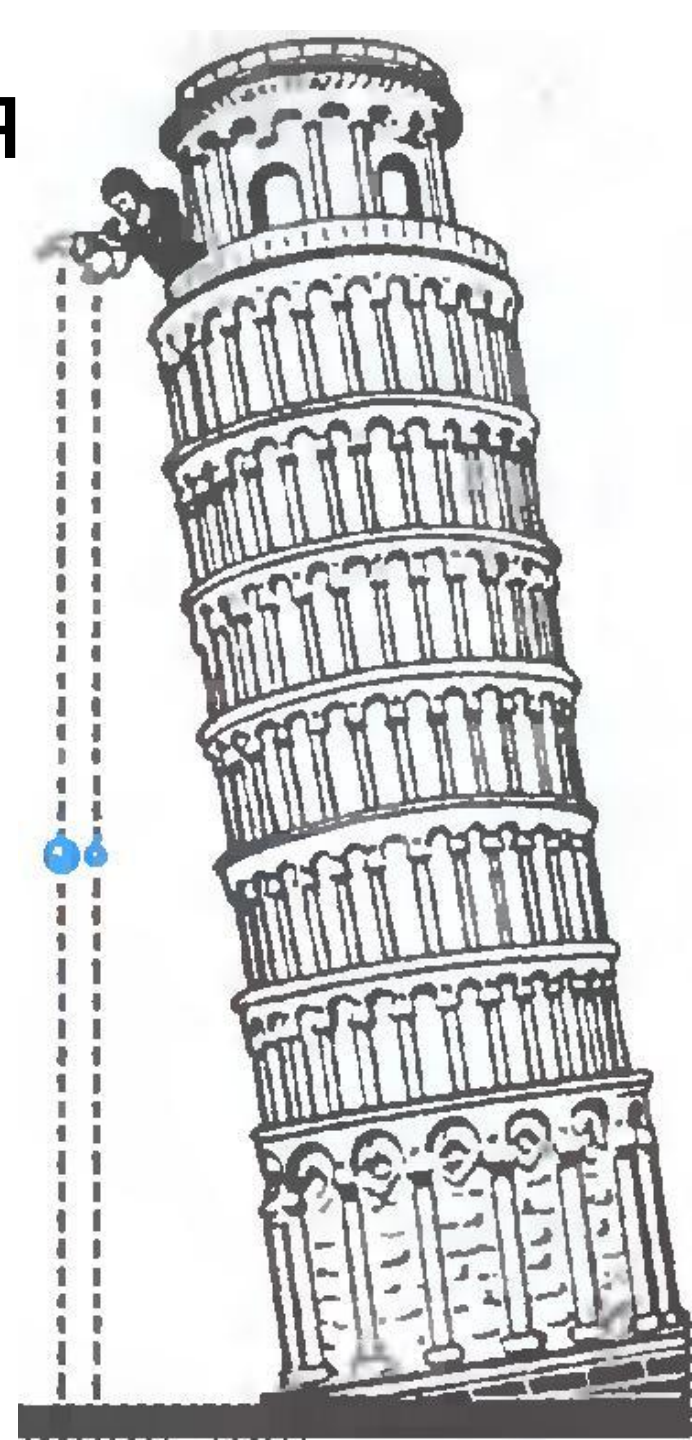
Ускорение свободного падения

По второму закону Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_T}{m} \Rightarrow a = \frac{F_T}{m} = \frac{G \cdot \frac{M_3 \cdot m}{R_3^2}}{m} = G \cdot \frac{M_3}{R_3^2} \approx 9.8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - ускорение свободного падения у поверхности Земли.

В 1589 году Галилео Галилей экспериментально показал, что все тела при свободном падении движутся с одинаковым ускорением.



Задача

Определите ускорение свободного падения на поверхности Луны. Масса Луны $7,35 \cdot 10^{22}$ кг, радиус Луны 1737 км. Что покажут земные пружинные весы, на которые встанет человек массой 80 кг?



Дано:	СЧ
$m_{\Lambda} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$	
$R_{\Lambda} = 1737 \text{ км}$	$1737 \cdot 10^3 \text{ м}$
$g_{\Lambda} = ?$	

$$F = G \frac{m_{\Lambda} \cdot m}{R_{\Lambda}^2} = g_{\Lambda}$$

$$g_{\Lambda} = G \frac{m_{\Lambda}}{R_{\Lambda}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{7,35 \cdot 10^{22}}{(1737 \cdot 10^3)^2} =$$

$$= 16,2 \cdot 10^{-1} \approx 1,6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$\frac{g_{\Lambda}}{g} = \frac{1,6}{9,8} \approx 0,16$$

Показание земных весов на Луне составляет 16% от их показаний на земле

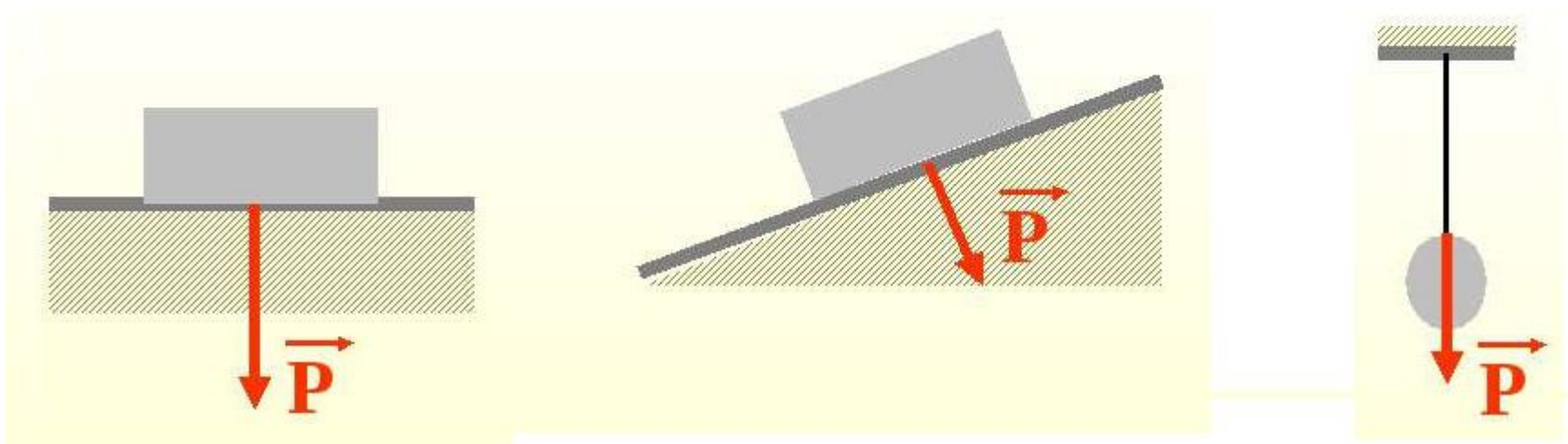
$$80 \text{ кг} \cdot 0,16 = \underline{12,8 \text{ кг}}$$

Вес тела, \vec{P}

Вес тела – это сила, с которой тело действует на опору или подвес.

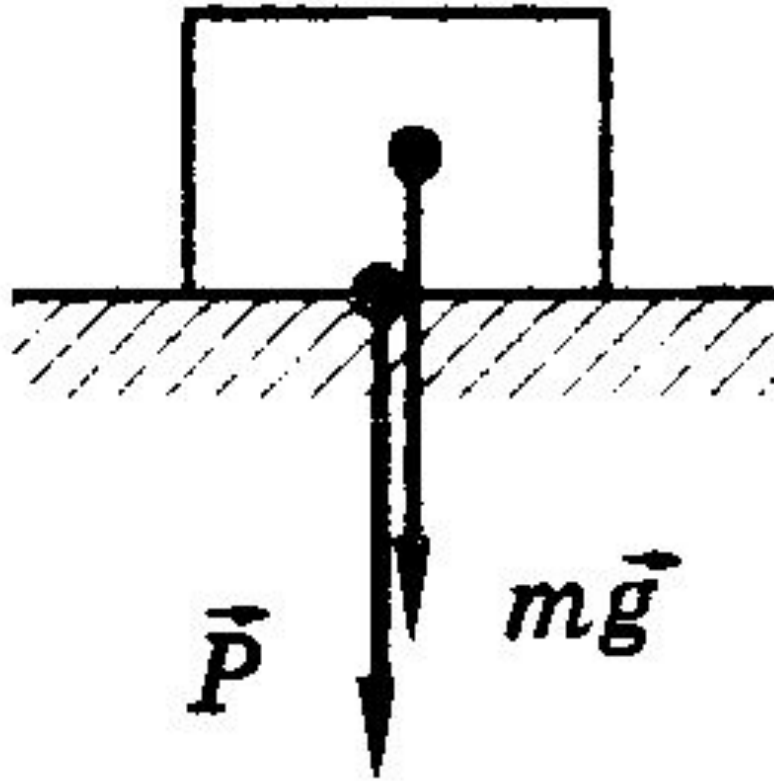
$$[P] = \text{ньютон, Н}$$

Вес всегда направлен перпендикулярно опоре или подвесу. Точка приложения вектора веса рисуется на линии соприкосновения тела и опоры или в месте крепления тела к подвесу.



Если тело и опора неподвижны относительно земли, то вес покоящегося на опоре тела равен силе тяжести:

$$\vec{P} = \vec{F}_T = m \cdot \vec{g}$$



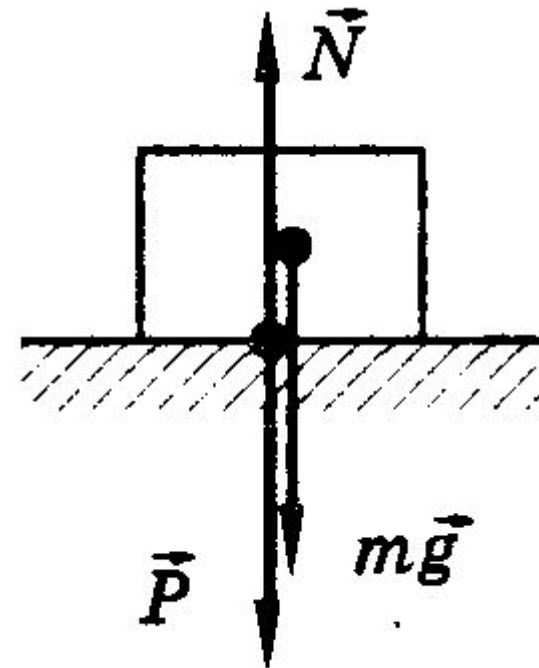
Сила реакции опоры, \vec{N}

По III закону Ньютона сила действия равна силе противодействия. Силу противодействия весу называют силой реакции опоры.

$$\vec{N} = -\vec{P}$$

$$[N] = \text{Ньютон}$$

Сила реакции опоры всегда направлен перпендикулярно опоре или подвесу. Точка приложения вектора силы реакции опоры рисуется на линии соприкосновения тела и опоры или в месте крепления тела к подвесу.



Задача

Автомобиль движется со скоростью 54 км/ч по выпуклому мосту с радиусом кривизны 100 м. Определите вес автомобиля в верхней точке. Масса автомобиля 800 кг.

Дано:

LU

$$v = 54 \text{ км/ч}$$

$$15 \text{ м/с}$$

$$R = 100 \text{ м}$$

$$m = 800 \text{ кг}$$

$P = ?$

Решение:

$$\vec{N} + \vec{F}_{ц.с} + m\vec{g} = \vec{0} \quad (1)$$

$$\vec{P} = -\vec{N} \quad (2)$$

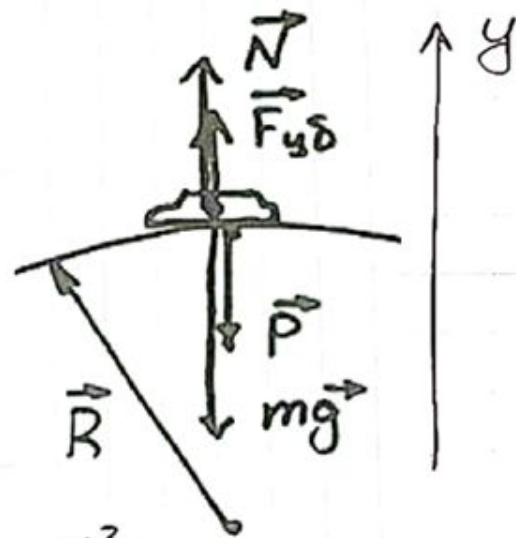
Запишем проекцию на ось y :

$$\begin{cases} N + F_{ц.с} - mg = 0 \\ -P = -N \end{cases}$$

$$\begin{cases} N = mg - F_{ц.с} = mg - m \cdot a_{ц.с} = mg - m \frac{v^2}{R} \\ P = N \end{cases}$$

$$P = mg - m \frac{v^2}{R} = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) = 800 \left(10 - \frac{15^2}{100} \right) = 6200 \text{ (Н)}$$

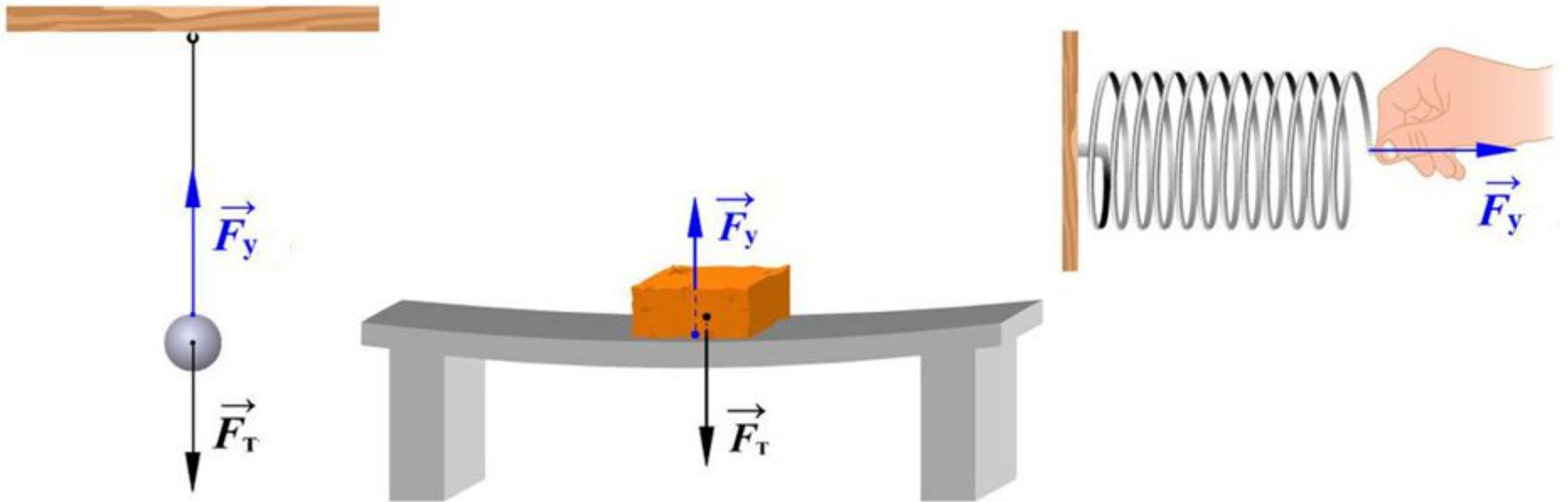
Ответ: 6200 Н.



Сила упругости

Силы реакции опоры (и силы натяжения нитей) по своей природе являются силами упругости.

Силы упругости – это силы, возникающие при упругой деформации тел. Эти силы стремятся вернуть тело в первоначальное состояние.



Закон Гука для силы упругости

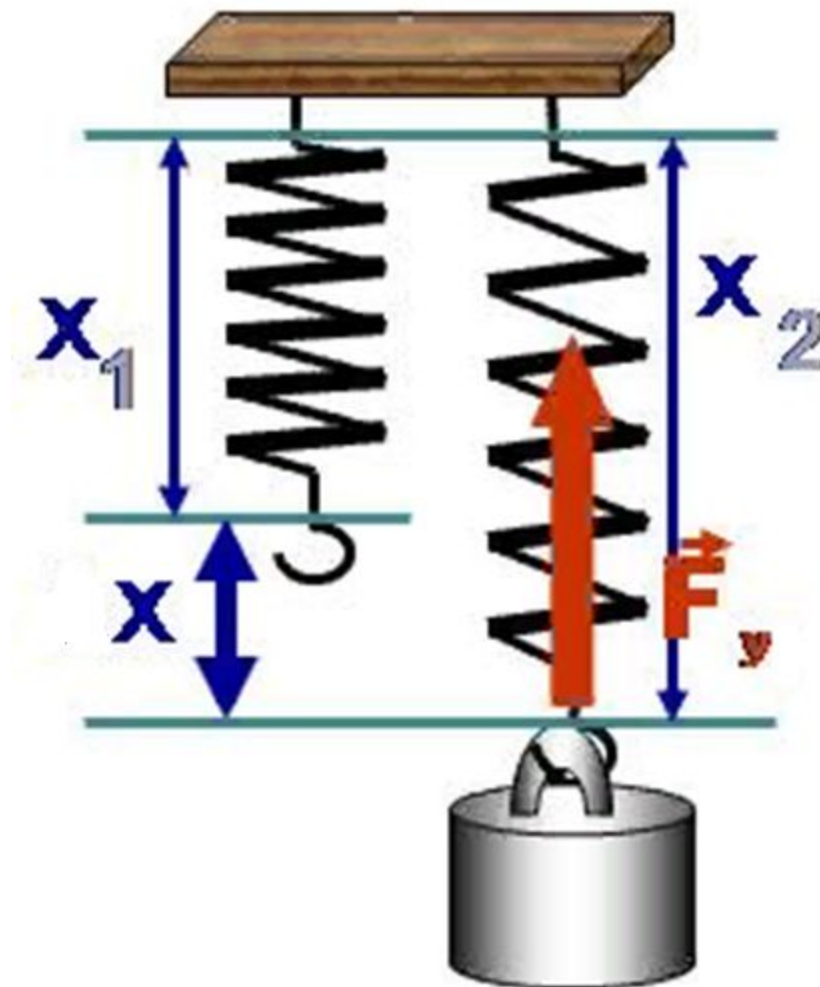
По модулю эти силы пропорциональны изменению длины тела (деформации).

$$F_y = -k \cdot x$$

F_y - сила упругости, Ньютон (Н);

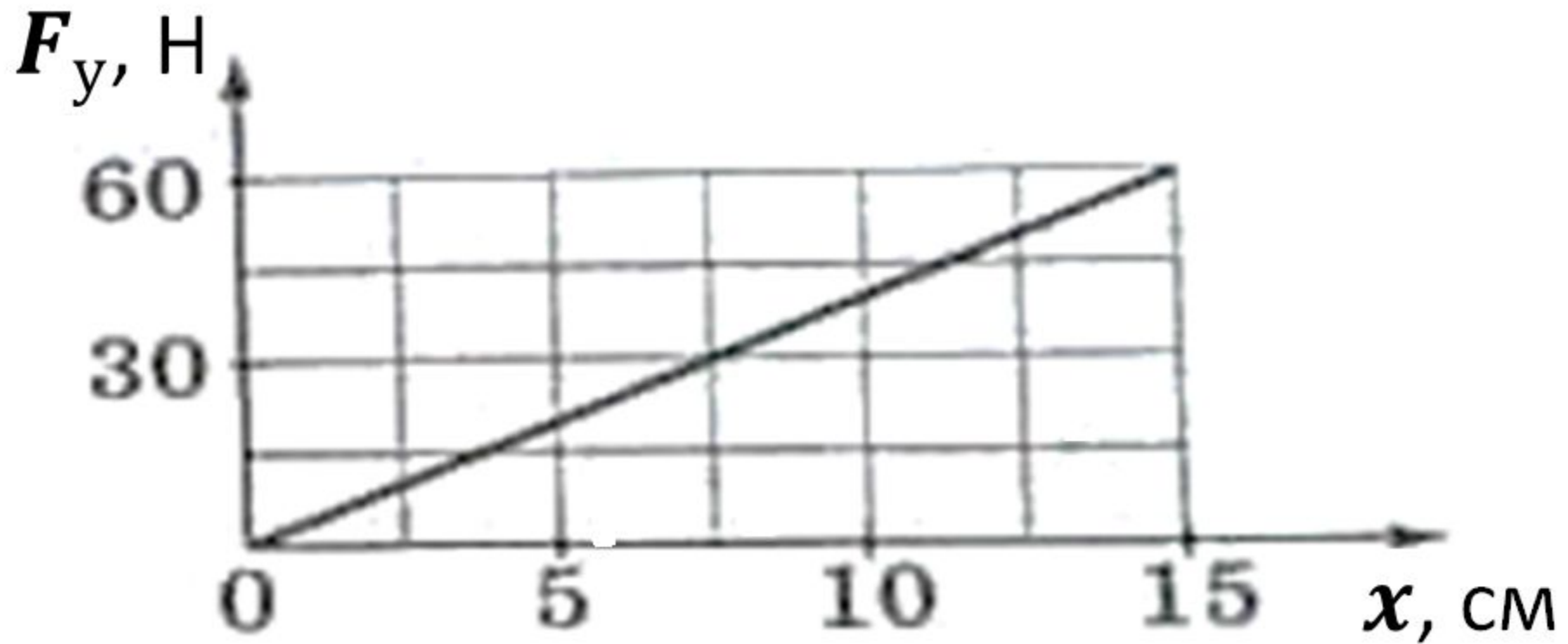
k - жесткость пружины, $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$;

x - удлинение пружины, м.



Задача

Определите жесткость пружины по графику зависимости модуля силы упругости F_y от удлинения x пружины.



Дано:	СИ:
$F_y = 60 \text{ Н}$	
$x = 15 \text{ см}$	$0,15 \text{ м}$
<hr/>	
$K - ?$	

Решение:

$$F = kx \Rightarrow k = \frac{F}{x} = \frac{60}{0,15} = 400 \text{ (Н/м)}$$

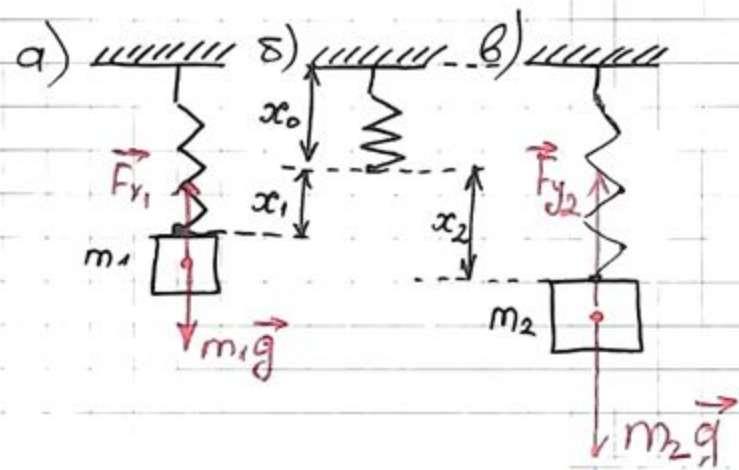
Ответ: 400 Н/м.

Задача

Когда масса подвешенных к пружине грузов равна 150 г, длина пружины составляет 7 см. Определите длину пружины после увеличения общей массы грузов до 350 г, если жесткость пружины 50 Н/м.

Дано:	ЕЦ
$m_1 = 150 \text{ г}$	$0,150 \text{ кг}$
$x_0 + x_1 = 7 \text{ см}$	$0,07 \text{ м}$
$m_2 = 350 \text{ г}$	$0,350 \text{ кг}$
$K = 50 \text{ Н/м}$	
$x_0 + x_2 = ?$	

Решение.



Для положения а):

$$F_{y1} = m_1 g$$

$$F_{y1} = K x_1$$

$$x_1 + x_0 = 0,07 \Rightarrow x_1 = 0,07 - x_0$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow K(0,07 - x_0) = m_1 g \Rightarrow$$

$$x_0 = 0,07 - \frac{m_1 g}{K}$$

$$= 0,07 - \frac{0,15 \cdot 10}{50} = 0,04 \text{ (м)}$$

Для положения б):

$$F_{y2} = m_2 g$$

$$F_{y2} = K x_2$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} m_2 g = K x_2 \Rightarrow x_2 = \frac{m_2 g}{K} = \frac{0,35 \cdot 10}{50} = 0,07$$

$$x_0 + x_2 = 0,04 + 0,07 = 0,11 \text{ (м)}$$

Ответ: 11 см.

Вес тела, размещенного на опоре, движущейся с ускорением.

Пусть лифт начал двигаться вверх или вниз с некоторым ускорением \vec{a} . Тогда тело вместе с лифтом будет двигаться с ускорением \vec{a} . По второму закону Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$$

По III закону Ньютона

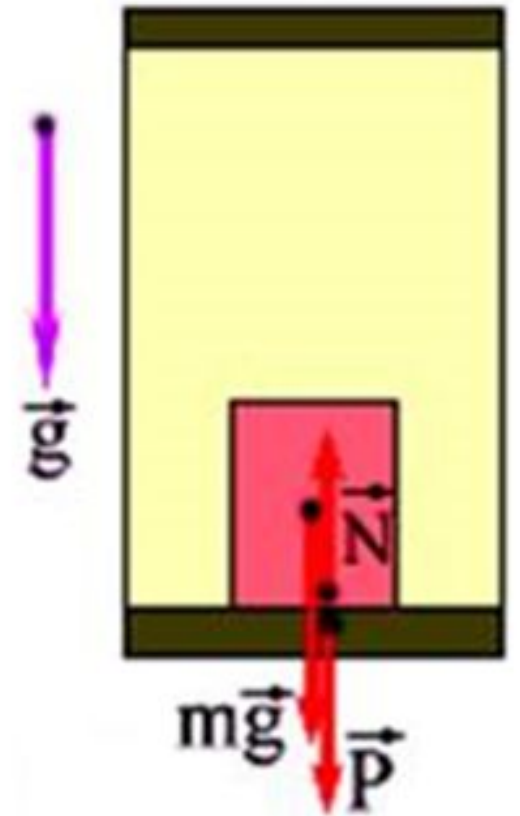
$$\vec{N} = -\vec{P},$$

тогда:

$$m\vec{a} = m\vec{g} - \vec{P}$$

Выразим вес тела:

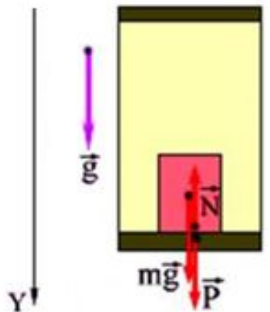
$$\vec{P} = m\vec{g} - m\vec{a} = m(\vec{g} - \vec{a})$$



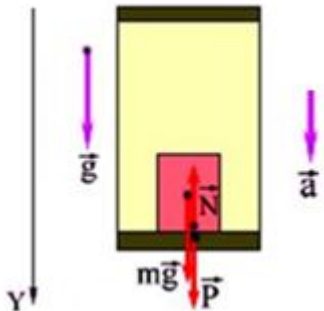
$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$$

Ведем ось Y , направленную вниз, чтобы записать данное выражение в скалярном виде.

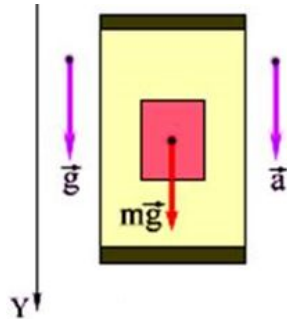
Если лифт покоится
($a = 0$):
 $P = m(g - 0) = mg$



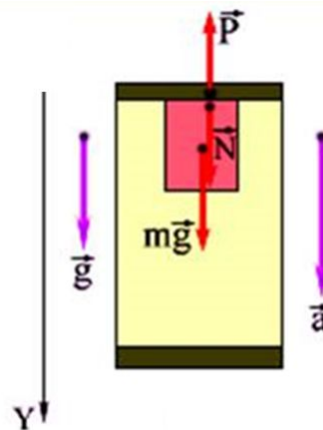
Если лифт движется вниз с ускорением
 $a < g$
 $P = m(g - a)$
 $0 < P < mg$



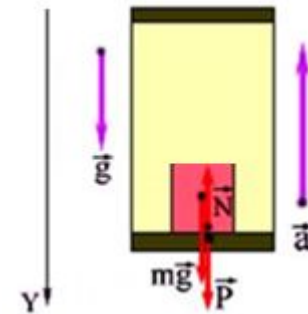
Если лифт движется вниз с ускорением
 $a = g$
 $P = m(g - a)$
 $= m(g - g)$
 $= m \cdot 0 = 0$



Если лифт движется вниз с ускорением $a > g$
 $P = m(g - a) < 0$



Если лифт движется вверх с ускорением a
 $P = m(g - (-a))$
 $= m(g + a) > mg$



Задача

Ракета поднимается вертикально вверх, модуль ускорения ее движения равен $3g$. Определите вес тела массой m , находящегося в ракете.

Дано:

СИ

Решение

$$a = 3g$$

m

$$p = ?$$

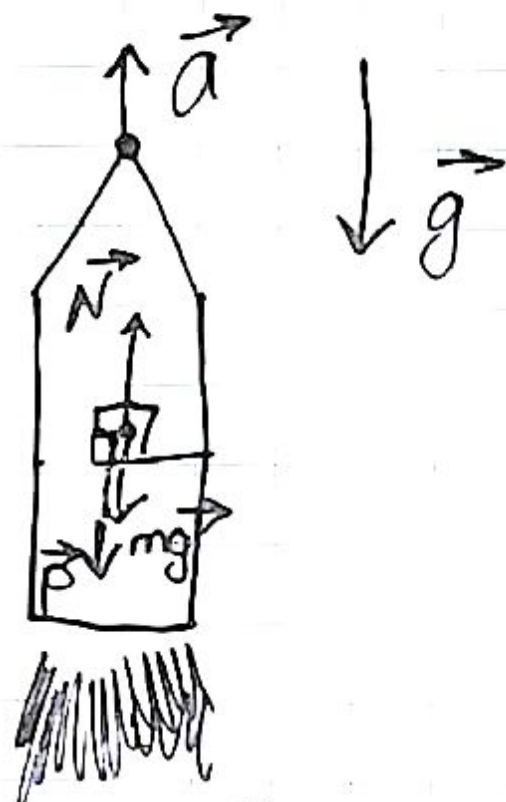
По II закону

Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} \quad (1)$$

$$\vec{p} = -\vec{N} \quad (2)$$

y



Запишем проекции на ось y :

$$ma = N - mg \Rightarrow N = ma + mg = m(g + a)$$

$$-p = -N \Rightarrow p = N$$

$$p = m(g + a) = m(g + 3g) = 4mg$$

Задача

Определите вес человека массой 50 кг, взвешивающегося в лифте, опускающемся вертикально вниз с ускорением 3 м/с^2

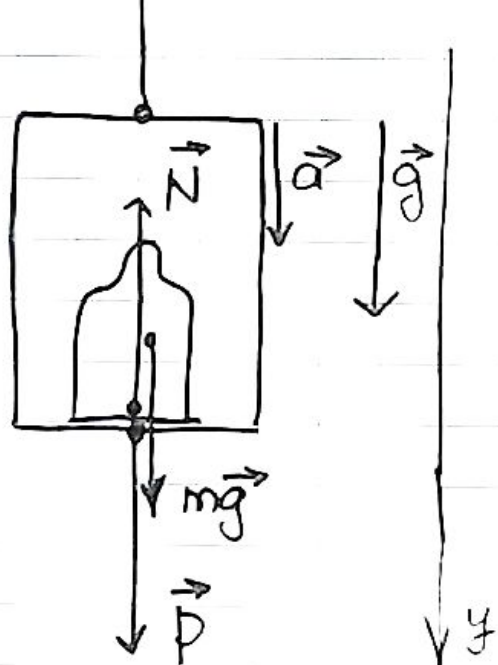
Дано:
 $\vec{a} \parallel \vec{g}$

$$m = 50 \text{ кг}$$

$$a = 3 \text{ м/с}^2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$P = ?$



По II закону Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} \quad (1)$$

По III закону Ньютона:

$$\vec{P} = -\vec{N} \quad (2)$$

Введем ось, направленную вниз и запишем уравнения (1) и (2) в скалярном виде:

$$ma = mg - N \quad (3) \Rightarrow N = mg - ma = m(g - a)$$

$$P = -(-N) = N \quad (4) \Rightarrow P = m(g - a)$$

$$P = 50(10 - 3) = 350 \text{ (Н)}$$

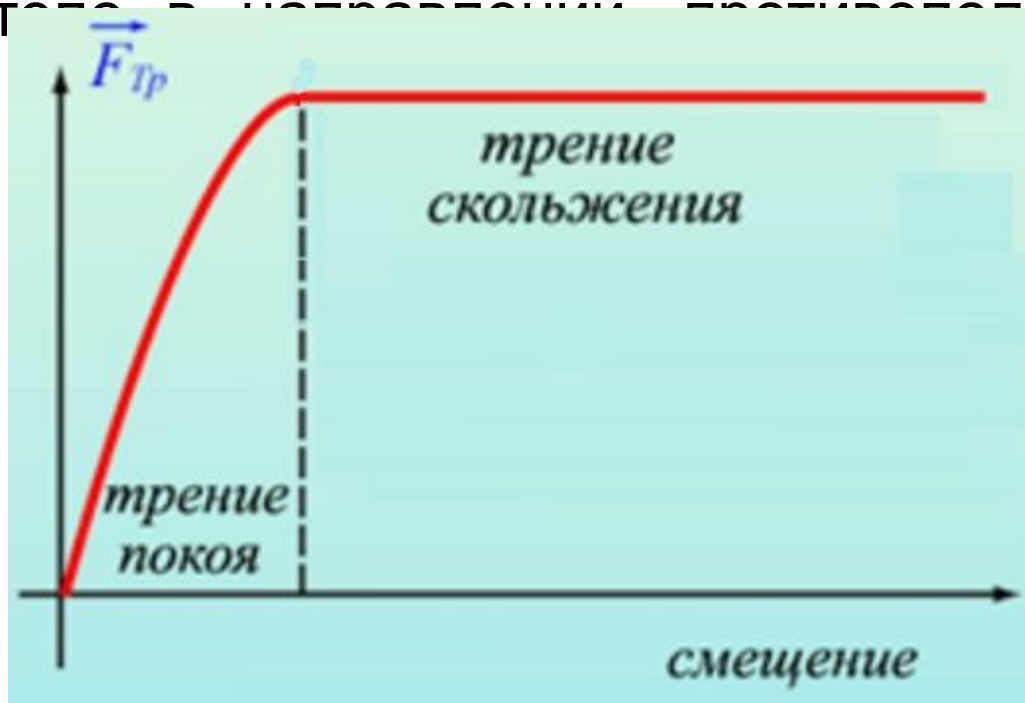
Т.к. весы отградуированы в килограммах, они покажут 35 кг.

Сила трения

Сила трения — это **сила**, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному движению. Причиной возникновения **трения** является шероховатость трущихся поверхностей и взаимодействие молекул этих поверхностей.

Трение покоя — сила, возникающая между двумя контактирующими телами и препятствующая возникновению относительного движения. Эту силу необходимо преодолеть для того, чтобы привести два контактирующих тела в движение друг относительно друга. Возникает при микросмещениях (например, при деформации) контактирующих тел. Она действует в направлении, противоположном направлению возможного относительного движения.

Трение скольжения — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из контактирующих/взаимодействующих тел относительно другого и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения.



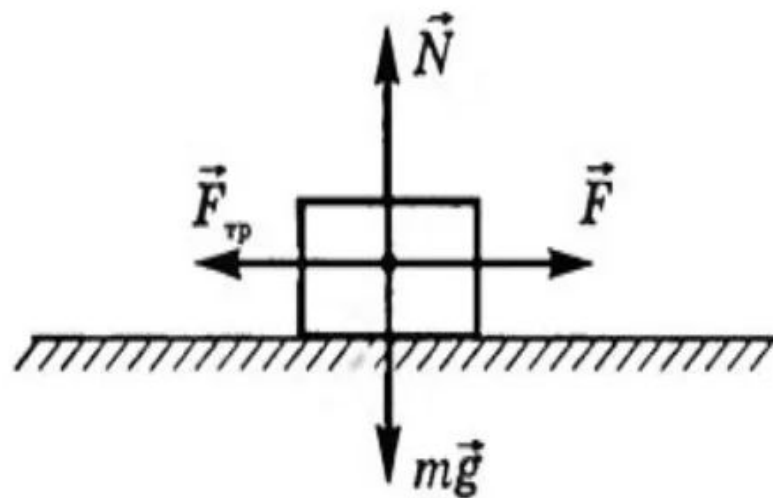
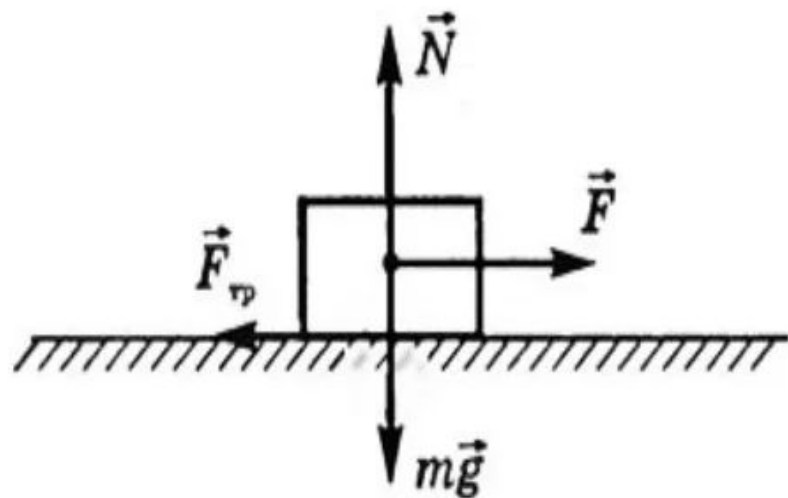
Сила трения скольжения

- $$|\vec{F}_{\text{тр}}| = \mu \cdot |\vec{N}|$$

$\vec{F}_{\text{тр}}$ - сила трения скольжения, Ньютон (Н);

μ – коэффициент трения, безразмерная величина;

\vec{N} - сила реакции опоры, Ньютон.



Задача

Чтобы сдвинуть с места пустой ящик массой 14 кг, необходимо приложить к нему горизонтальную силу 24 Н. Определите, какая горизонтальная сила сдвинет с места этот ящик, когда в нем будут находиться вещи массой 28 кг.

Dano:

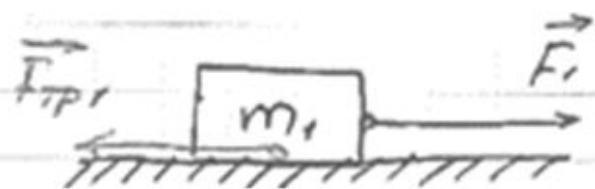
$$m_1 = 14 \text{ k2}$$

$$F_1 = 24 \text{ H}$$

$$\Delta m = 28 \text{ k2}$$

$$F_2 = ?$$

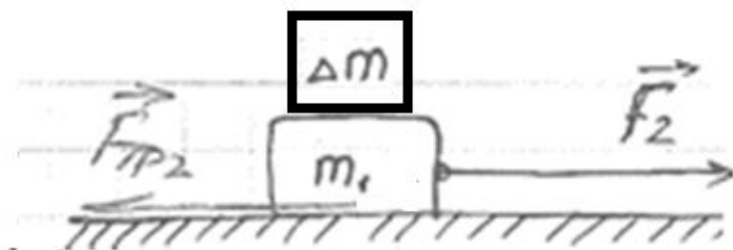
CU



$$F_1 = F_{\text{тр}1}$$

$$F_1 = \mu m_1 g$$

$$\mu = \frac{F_1}{m_1 g}$$



$$F_2 = F_{\text{тр}2}$$

$$F_2 = \mu (m_1 + \Delta m) g$$

$$F_2 = \frac{F_1}{m_1 g} (m_1 + \Delta m) g =$$

$$= F_1 \frac{m_1 + \Delta m}{m_1} =$$

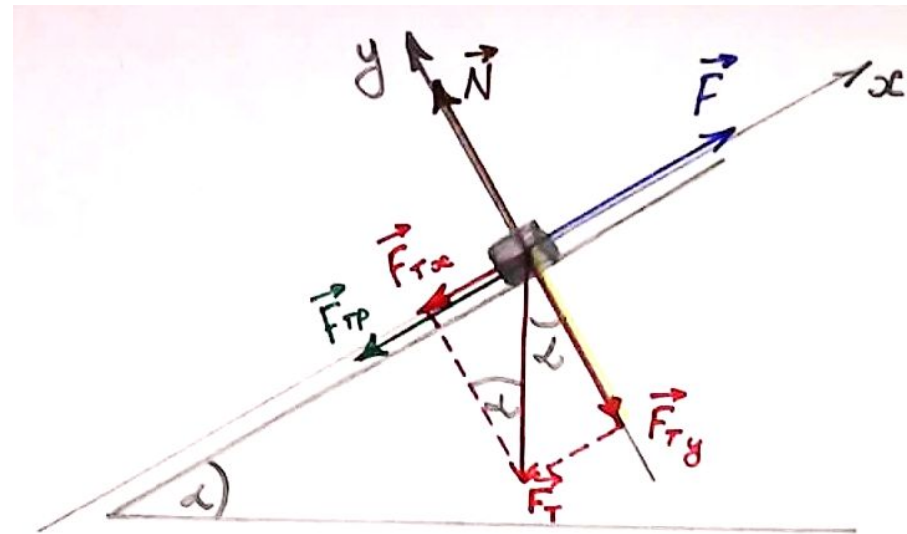
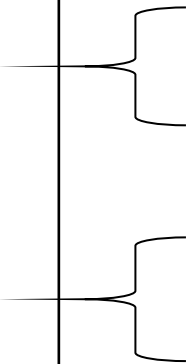
$$= 24 \cdot \frac{14 + 28}{14} = 72 \text{ (H)}$$

Ответ: 72 H.

Задача

Груз массой 20 кг поднимают по наклонной плоскости с углом наклона 30° , прикладывая силу в направлении движения. Определите модуль этой силы, если груз движется равномерно, а коэффициент трения равен $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

СИ:



4) Распишем силу тяжести $F_T = mg$ и силу трения $F_{\text{тр}} = \mu N$ и решим систему уравнений методом подстановки (подставив N из второго уравнения в первое уравнение) :

$$-mg \sin \alpha + F - \mu N = 0 \Rightarrow F = mg \sin \alpha + \mu N$$

$$-mg \cos \alpha + N = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

5) В итоге получим:

$$\begin{aligned} F &= mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \\ &= 20 \cdot 10 \left(0.5 + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 200 \text{ (Н)} \end{aligned}$$

Ответ: 200 Ньютон.

Задача.

Велосипедист движется на повороте горизонтальной дороги по дуге окружности радиусом 10 м. Определите максимально возможную скорость движения велосипедиста, если коэффициент трения между шинами и дорогой 0,49. $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



Дано:

CU

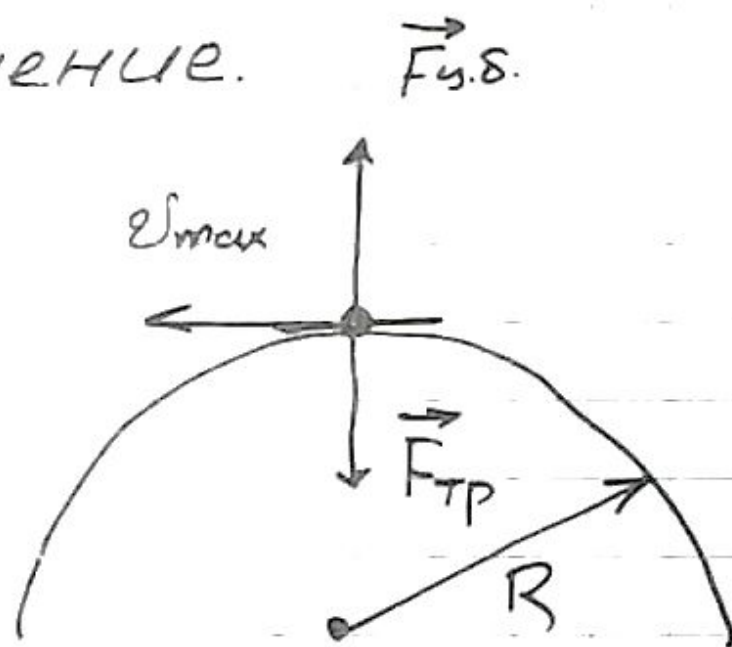
$$R = 10 \text{ м}$$

$$\mu = 0,49$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{\text{max}} - ?$$

Решение.



$$F_{\text{y.с.}} = F_{\text{TP}}$$

$$\mu \frac{v_{\text{max}}^2}{R} = \mu mg$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\mu g R} = \sqrt{0,49 \cdot 10 \cdot 10} = 7 \text{ (м/с)}$$

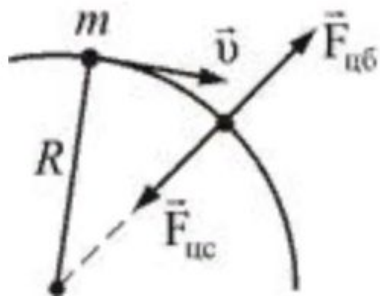
Ответ: 7 м/с.

Виды сил в механике твердых тел

Центробежная сила:

$$F_{цб} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

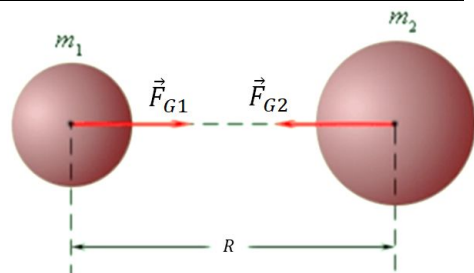
$F_{цб}$ - центробежная сила, Н;
 m - масса тела, кг;
 v - скорость тела, м/с;
 R - радиус кривизны окружности, по которой движется тела, м.



Гравитационная сила:

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

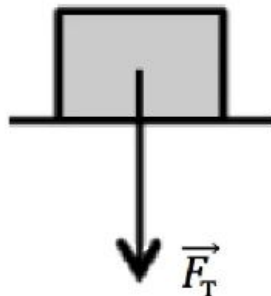
F_G - сила гравитационного взаимодействия, Н;
 m_1 и m_2 - массы тел, кг;
 R - расстояние между телами (центрами тел), м;
 G - гравитационная постоянная = $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$



Сила тяжести в гравитационном поле Земли:

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

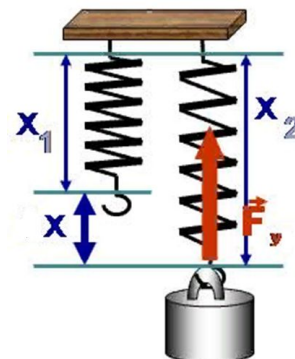
\vec{F}_T - сила тяжести, Н;
 m - масса тела, кг;
 \vec{g} - ускорение свободного падения = $9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



Сила упругости:

$$F_y = -k \cdot x$$

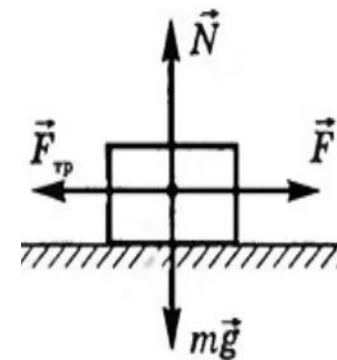
F_y - сила упругости, Ньютон (Н);
 k - жесткость пружины, $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$;
 x - удлинение пружины, м.



Сила трения скольжения:

$$|\vec{F}_{тр}| = \mu \cdot |\vec{N}|$$

$\vec{F}_{тр}$ - сила трения скольжения, Ньютон (Н);
 μ - коэффициент трения, безразмерная величина;
 \vec{N} - сила реакции опоры, Н.



Вес тела:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$$

\vec{P} - вес тела, Н;
 \vec{g} - ускорение свободного падения = $9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;
 \vec{a} - ускорение опоры, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

