

Динамика

раздел механики, в котором изучают закономерности механического движения материальных тел под действием приложенных к ним сил и причины возникновения у тел ускорений.

Первый закон Ньютона:

Существуют такие системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых свободные тела движутся равномерно и прямолинейно.

- *Свободным телом* – называют тело, на которое не действуют какие – либо другие тела или поля. При решении некоторых задач, тело можно считать свободным, если внешние воздействия уравновешены.

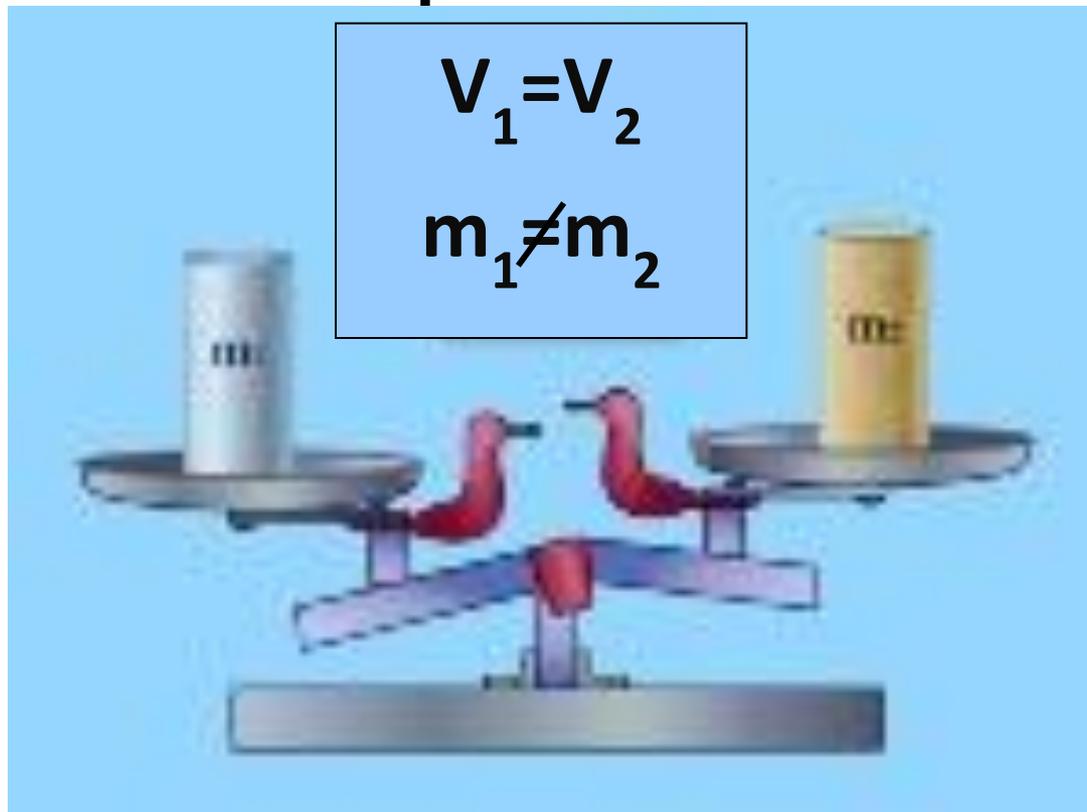
механический принцип относительности (принцип относительности Галилея).

- Равномерное и прямолинейное движение системы отсчета не влияет на ход механических явлений, протекающих в ней. Никакие механические опыты не позволяют отличить покой инерциальной системы отсчета от ее равномерного прямолинейного движения. Для любых механических явлений все инерциальные системы отсчета оказываются равноправными.

*Явление сохранения
скорости тела при
отсутствии действия на
него других тел называют
инерцией*

*m – масса – мера
инертности тела*

1. Каждое физическое тело имеет массу и объем.
2. Каждое вещество имеет неповторимое молекулярное строение

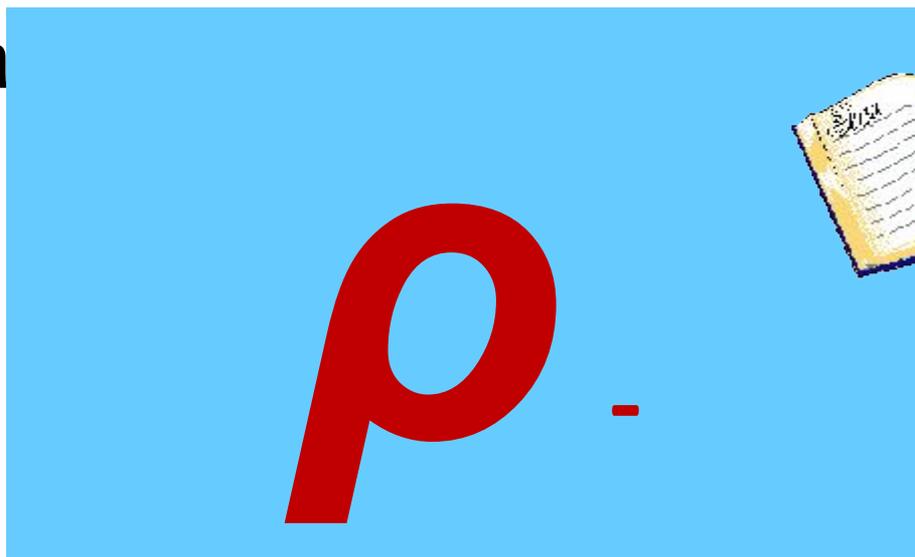


Разные вещества имеют разную плотность.

Плотность показывает, чему равна масса вещества, взятого в объёме 1м^3 (или 1см^3).

Плотность обозначается
Формула плотности

$$\rho = \frac{m}{V}$$



Единица измерения плотности определяется из формулы **плотность**
 $\rho = [\text{кг}/\text{м}^3; \text{г}/\text{см}^3]$

**Сила - есть
количественная мера
взаимодействия тел**

F – Сила

**Единица измерения силы
[F] = Н (ньютон)**



Результат действия силы на тело



- 1. изменение скорости тел.
- 2. деформация - любое изменение формы и размеров тела.



Принцип суперпозиции

сил: если тело

взаимодействует

одновременно с несколькими

телами,

то результирующая сила,

действующая на данное

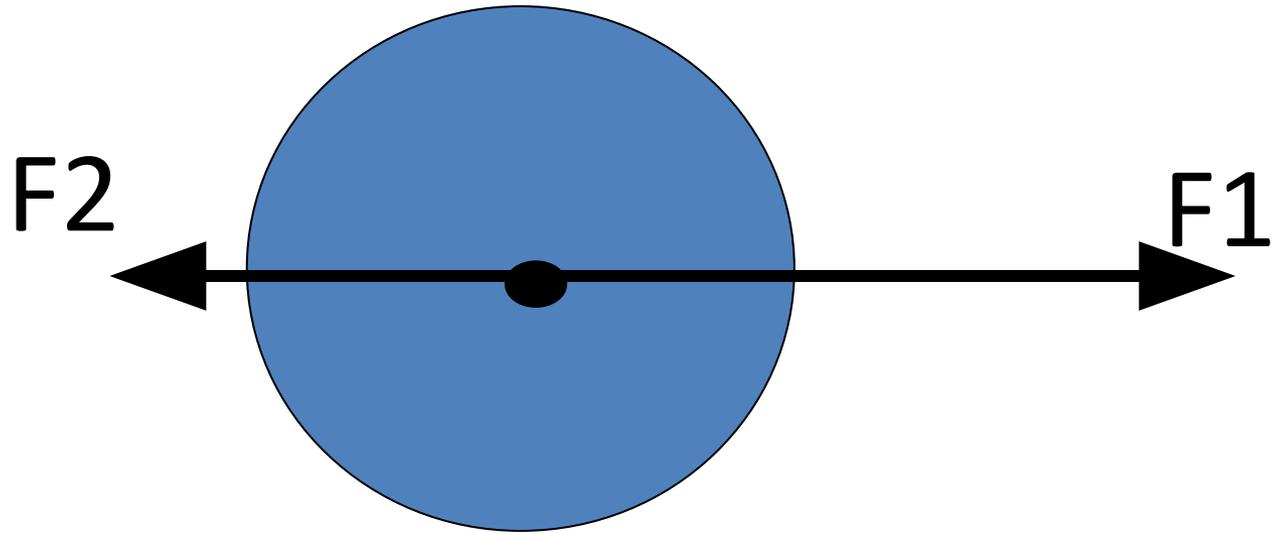
тело, равна векторной

сумме сил, действующих на

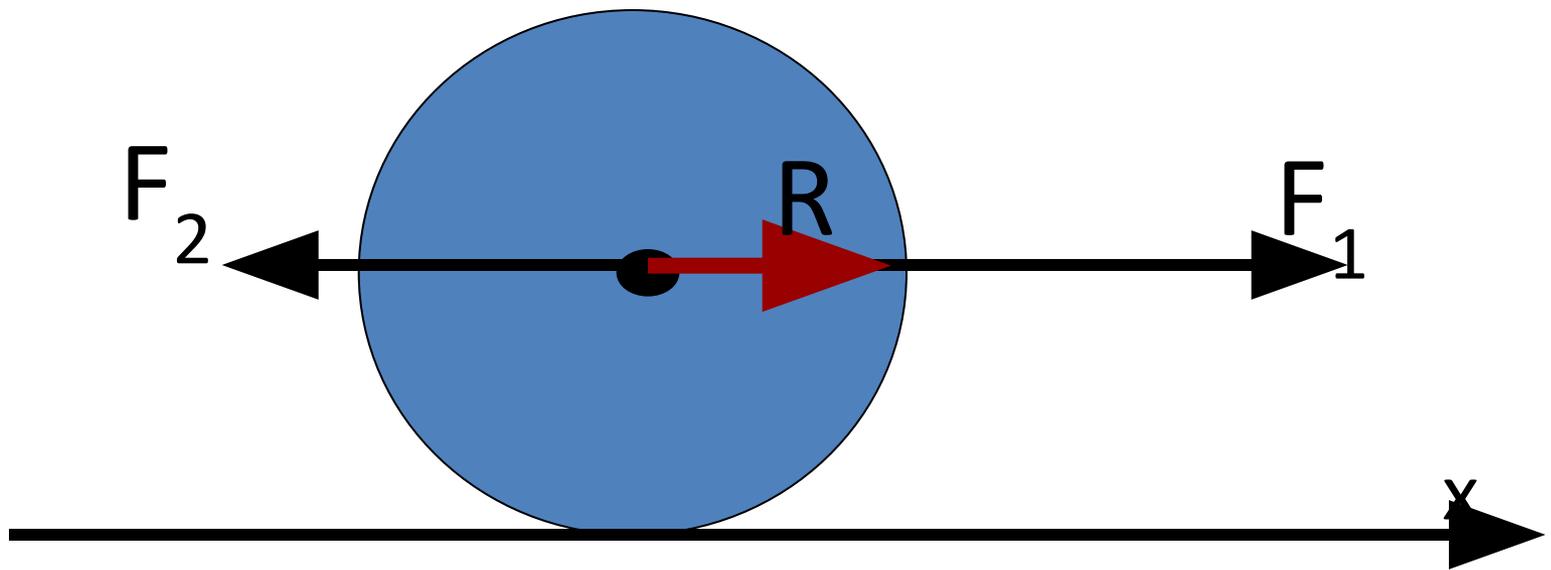
это тело со стороны всех

других тел

Точкой приложения силы считается
центр тяжести тела.

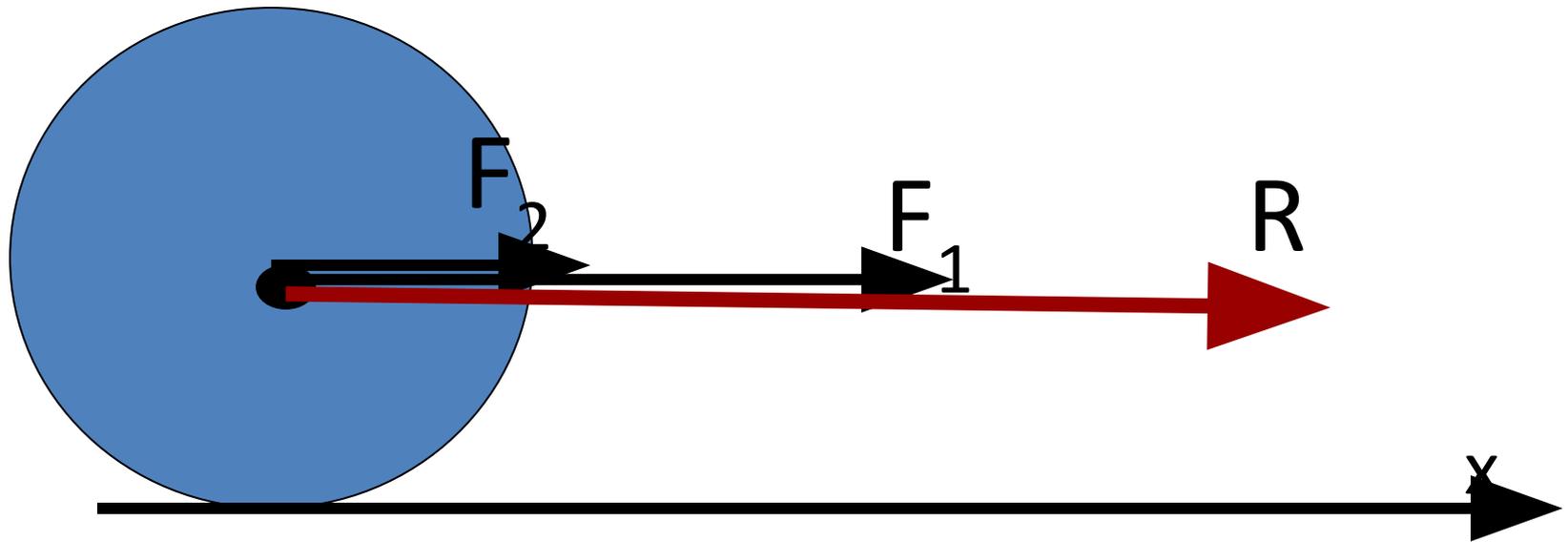


Равнодействующая сила



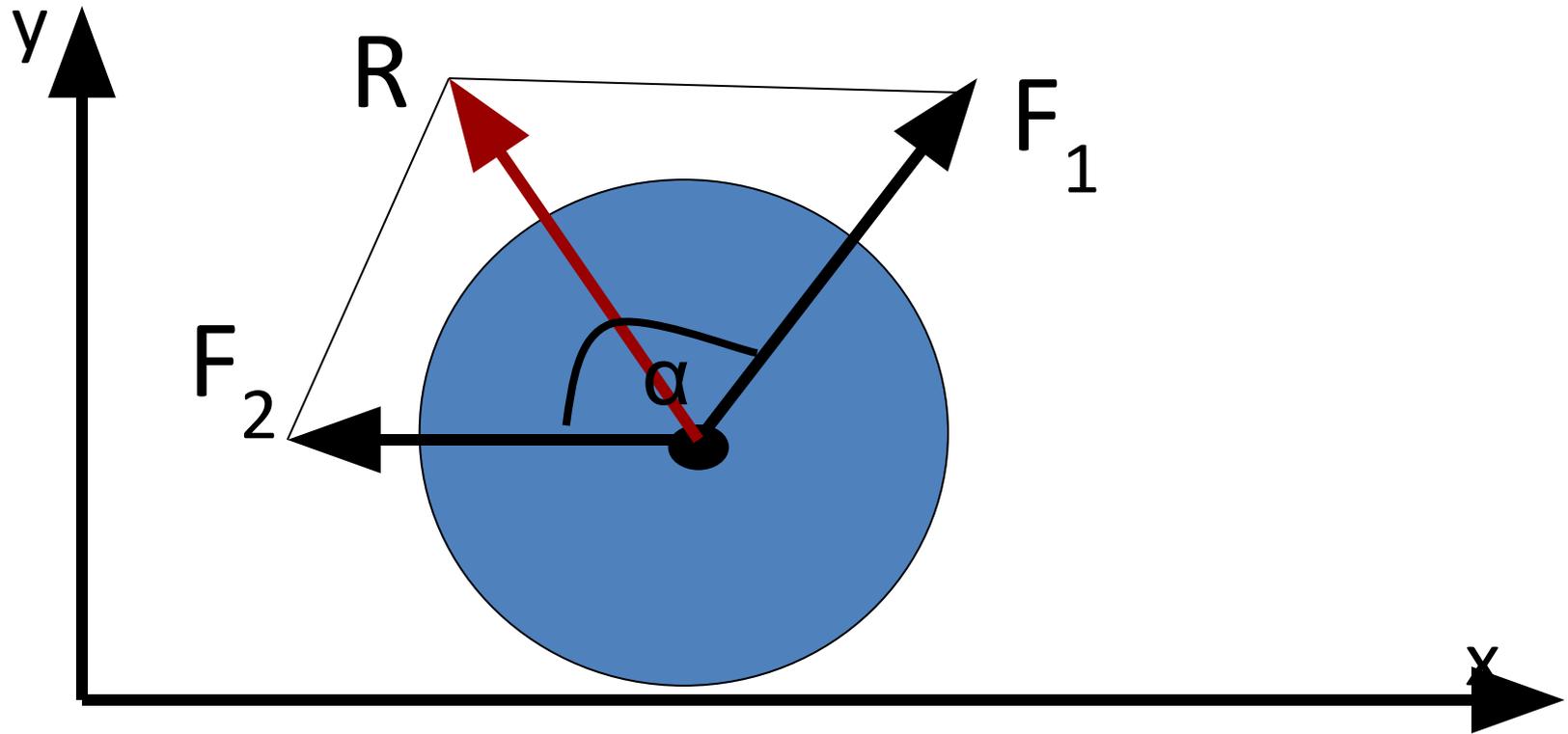
$$R = F_1 - F_2$$

Равнодействующая сила



$$R = F_1 - F_2$$

Равнодействующая сила



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

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

- 1. На лодку, привязанную к дереву, растущему на берегу, действует течение реки с силой 400 Н и ветер с силой 300 Н, дующий с берега перпендикулярно течению. Найдите равнодействующую этих сил.
- Решение

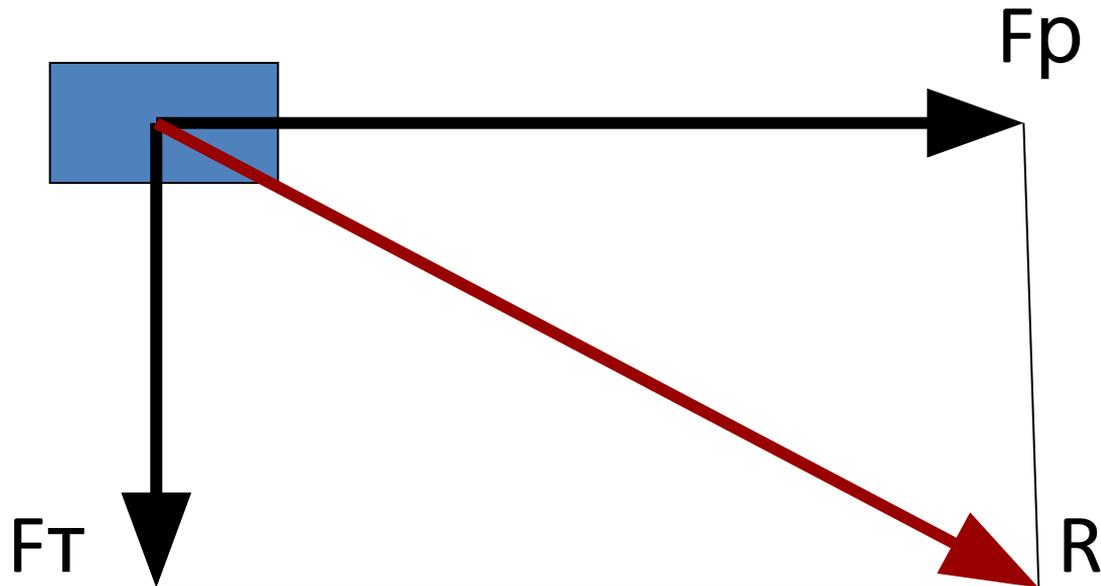
$$\vec{R} = \vec{F}_T + \vec{F}_B$$

$$\vec{R} = \vec{F}_T + \vec{F}_B$$

Найдем построением векторную сумму

Из рисунка видно, что $R = \sqrt{F_T^2 + F_B^2}$

Тогда $R = 500 \text{ Н}$.



Второй закон Ньютона

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

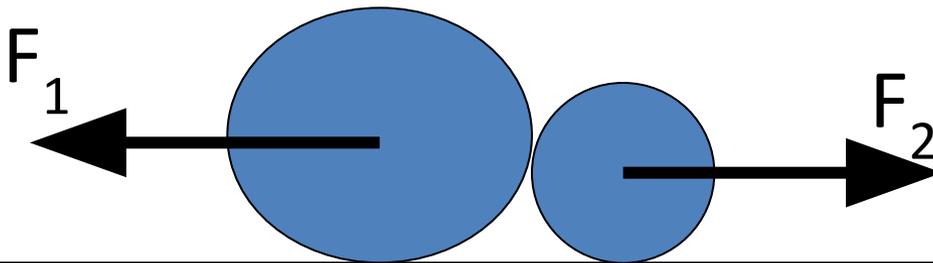
$$\vec{R} = m\vec{a}$$

Третий закон Ньютона

Сила действия равна силе противодействия.

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

$$m_1 \mathbf{a}_1 = -m_2 \mathbf{a}_2$$



В 1687 г. Ньютон установил один из фундаментальных законов механики, получивший название закона всемирного тяготения:



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

G - гравитационная постоянная, она численно равна силе гравитационного притяжения двух тел, массой по **1 кг.** Каждое, находящихся на расстоянии **1 м** одно от другого.

G - универсальная гравитационная постоянная равна

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

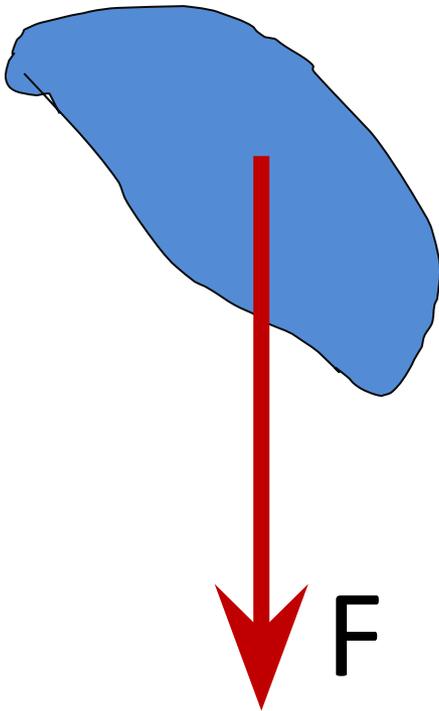
Сила взаимного притяжения всегда направлена вдоль прямой, соединяющей тела.

Сила тяжести

Сила с которой Земля притягивает к себе тела.
Направлена к центру Земли.

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

$$g = 9.8 \text{ м/с}^2$$



$$F = G \frac{mM_3}{R^2} \quad - \text{Сила тяжести: } F=mg$$

$$g = \frac{F_T}{m} \quad g = G \frac{M_3}{R_3^2} \approx 9,8 \text{ м/с}^2$$

Масса земли равна $5,977 \cdot 10^{27} \text{ г} = 5,977 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Средний радиус = 6371,032 км

На других планетах ускорение свободно падения также зависит от массы планеты и её радиуса. G всегда постоянна и не меняется.

На некоторой высоте

h

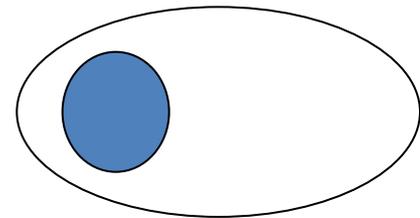
$$mg = G \frac{mM_{зем}}{(R_{зем}^2 + h)}$$

$$g = G \frac{M_{зем}}{(R_{зем}^2 + h)}$$

$$g = \frac{v_0^2}{R_3} \rightarrow v_0 = \sqrt{gR_3}$$

Скорость рассчитанная по этой формуле называется **первой космической скоростью**. Она равна **7,9 км/с**.

$$v_0 = \sqrt{g_1(R_3 + h)}$$

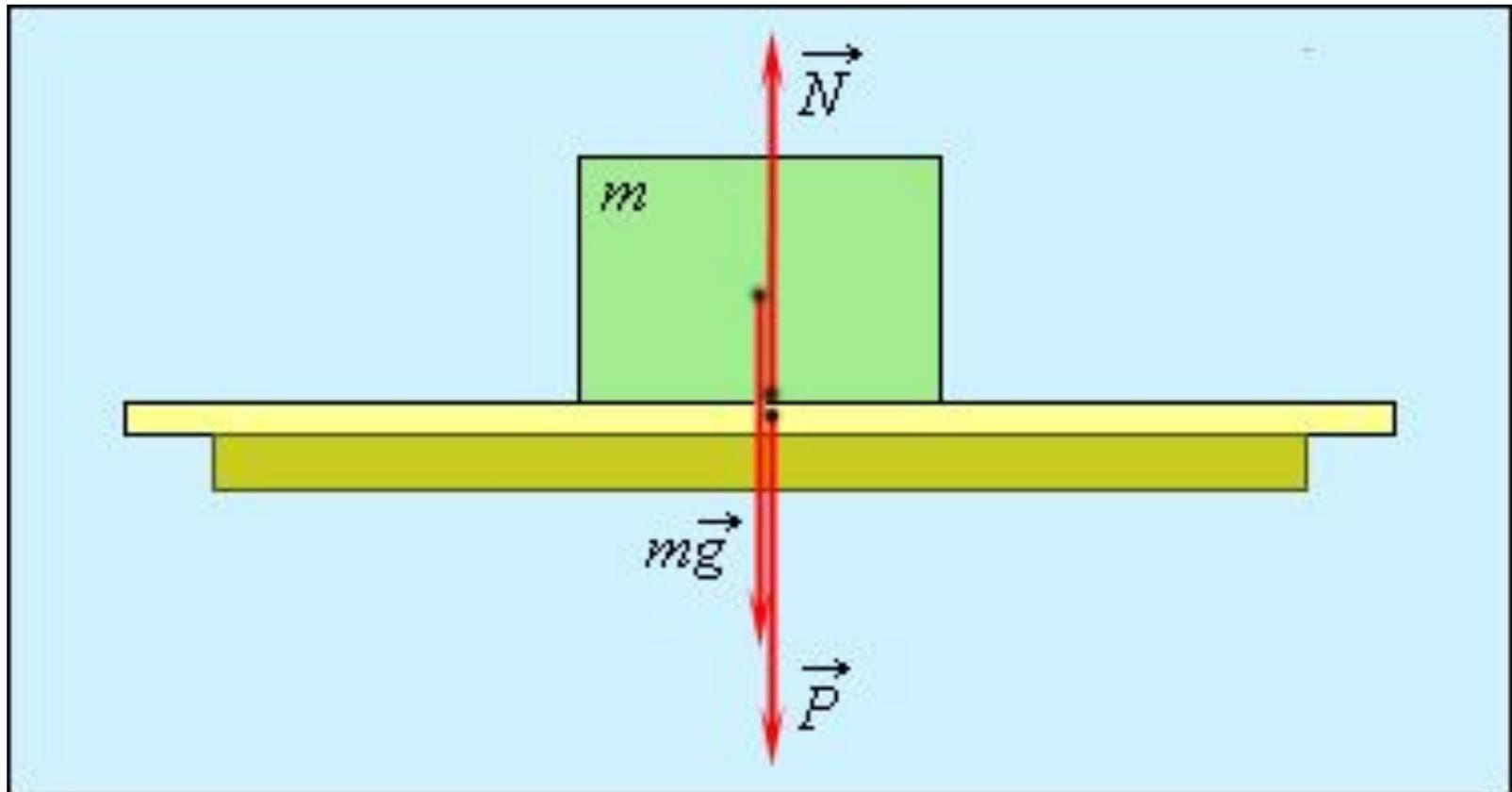


Если тело находится на большой высоте над Землей.

Вес - \vec{P}

Сила действующая со стороны тела на опору или подвес, в результате притяжения к Земле.

$$N=P$$



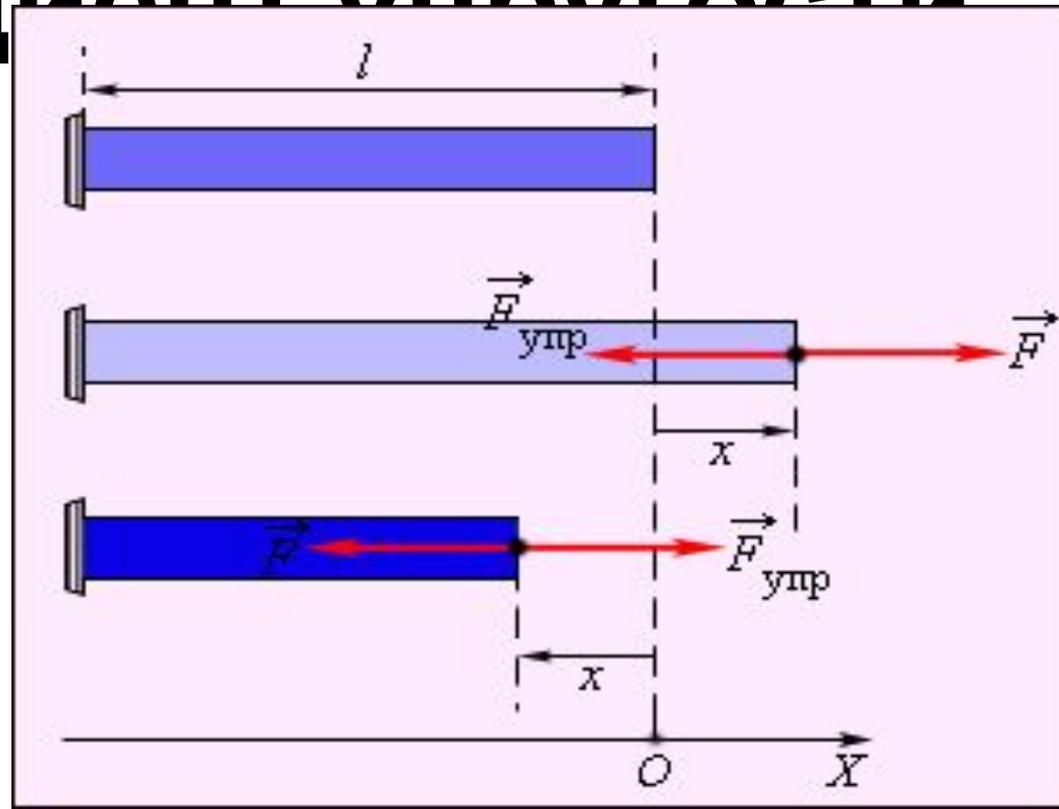
Сила упругости

Сила возникающая при упругой деформации тел.

$$F_{\text{упр}} = -k\Delta X = -k\Delta l$$

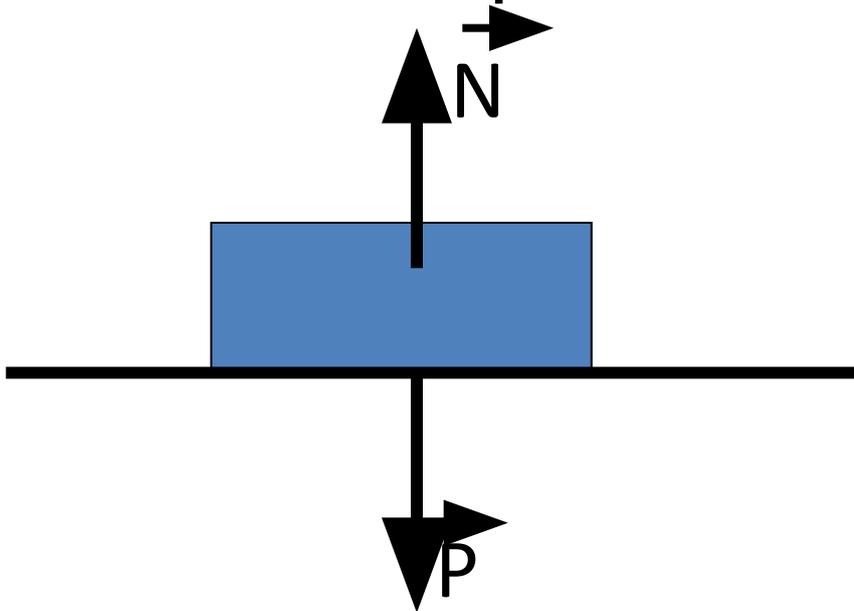
k – коэффициент упругости

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{|\Delta x|}$$



N - Сила реакции опоры

Разновидность силы упругости, возникающая в опоре и действующая на предмет. Зависит от деформации опоры и всегда равна весу предмета.



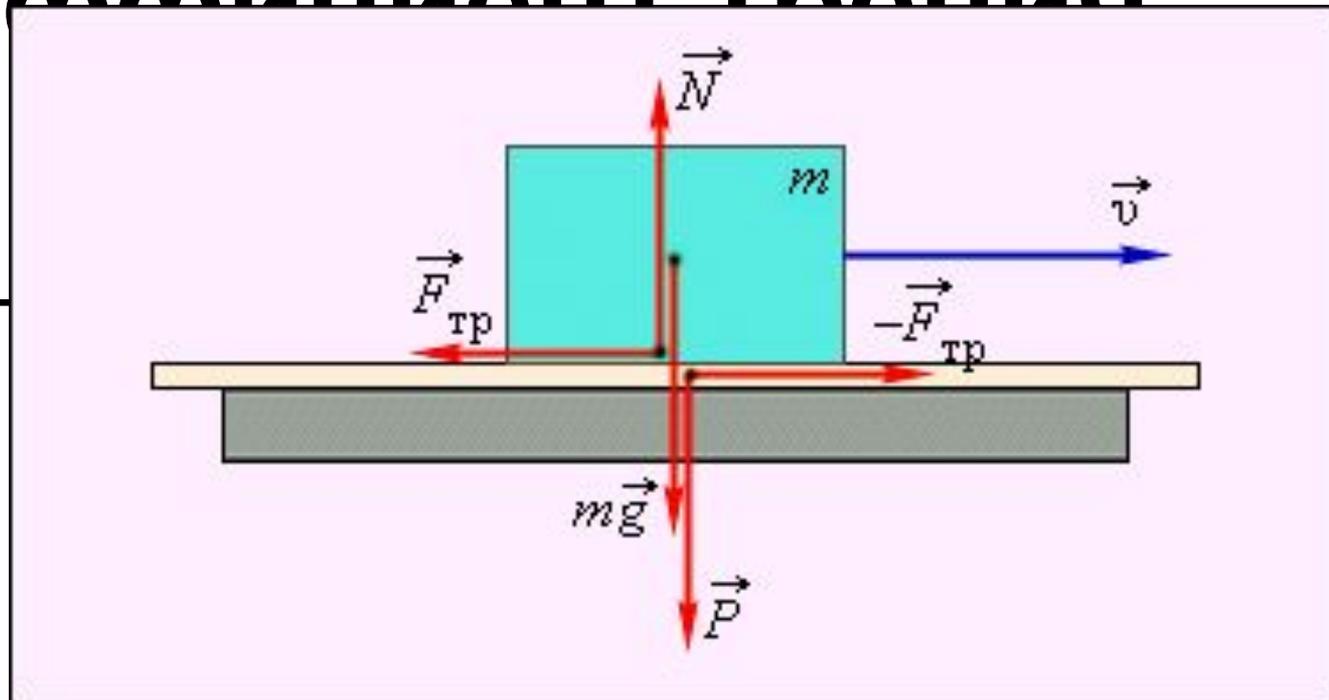
Сила трения

Сила возникающая при упругой деформации
→ тел.

$$F_{тр} = \mu N$$

μ – коэффициент трения

$$\mu = \frac{F_{тр}}{N}$$



Виды сухого трения

Сила трения покоя - сила, действующая на тело со стороны соприкасающегося с ним другого тела вдоль поверхности соприкосновения тел, если тела покоятся относительно друг друга.

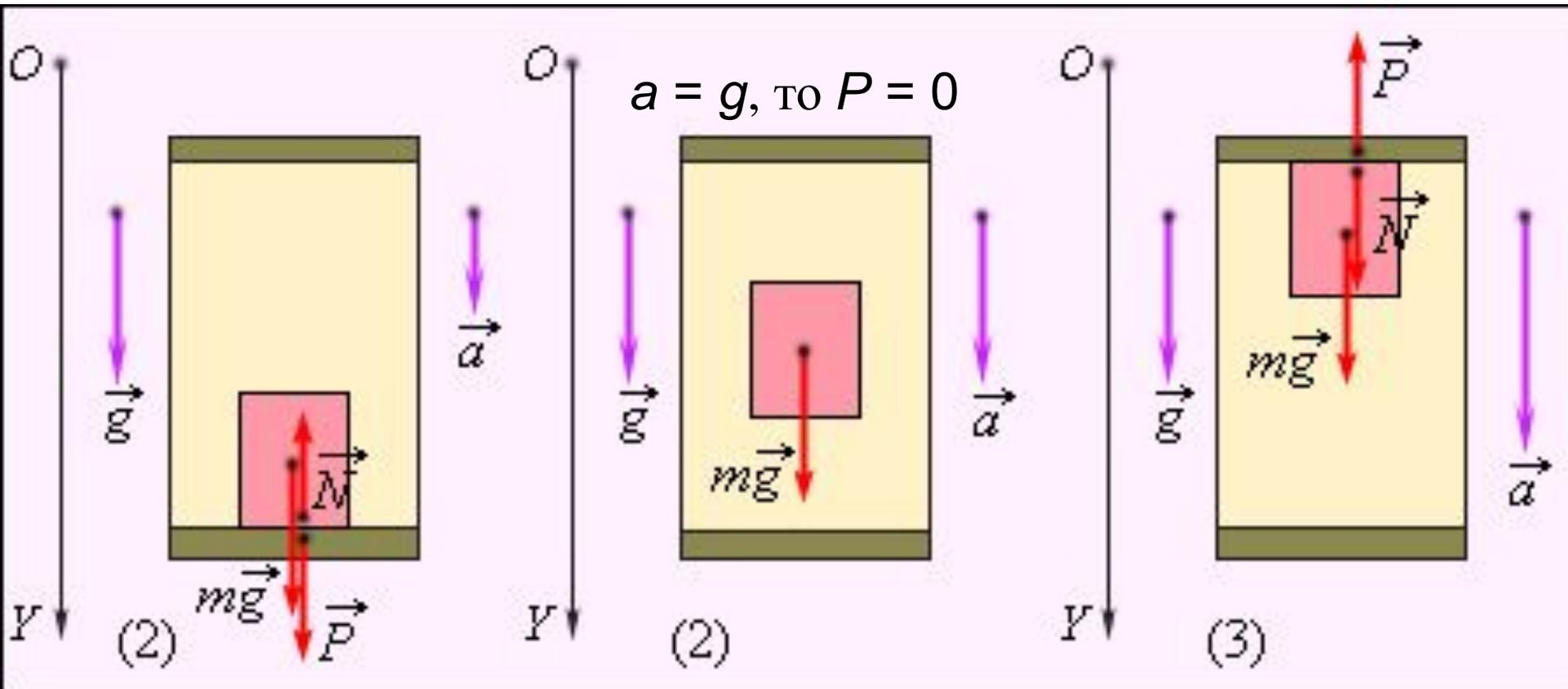
Сила трения скольжения - сила трения, возникающая при относительном движении соприкасающихся тел и направленная против скорости их относительного движения.

Сила трения качения возникает при условии, когда одно тело катится по поверхности другого.

Невесомость

$$m \vec{g} + \vec{N} = m \vec{a} \quad \text{или} \quad \vec{N} = m(\vec{a} - \vec{g}).$$

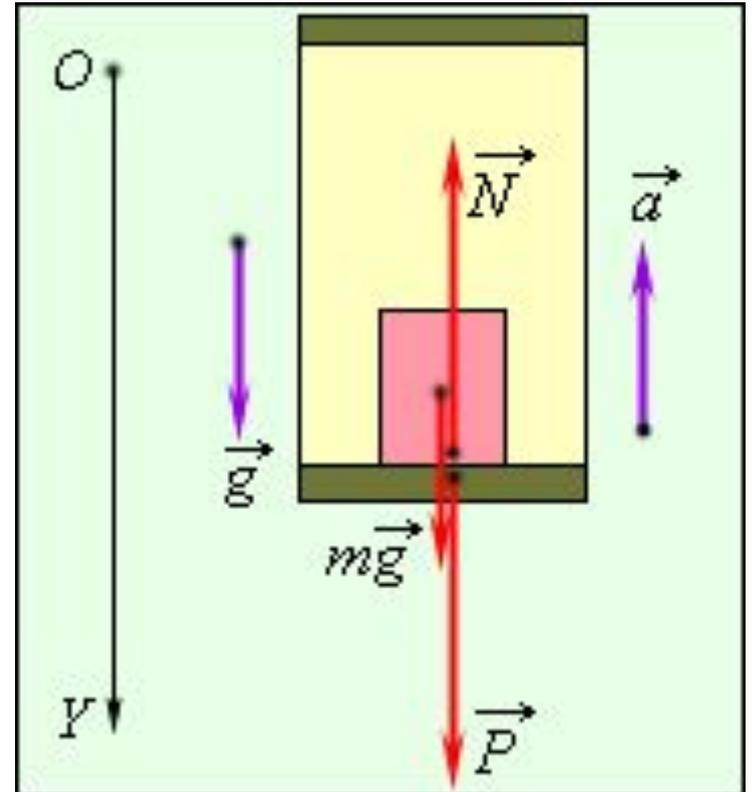
$$P = m(g - a)$$



Перегрузка

$$m \vec{g} + \vec{N} = m \vec{a} \quad \text{или} \quad \vec{N} = m(\vec{a} - \vec{g}).$$

$$P = m(g + a)$$

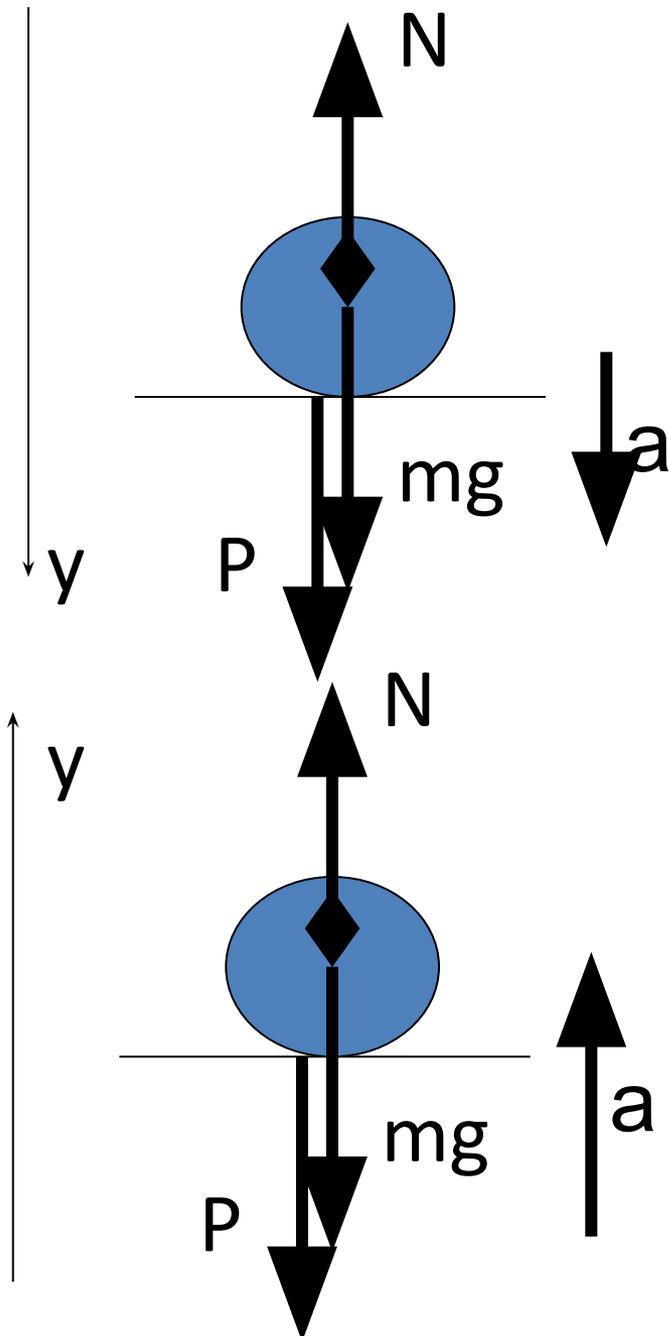


Невесомость

- $ma = mg - N$
- $a = g$; $N = 0$; $P = 0$ При свободном падении тела вместе с опорой

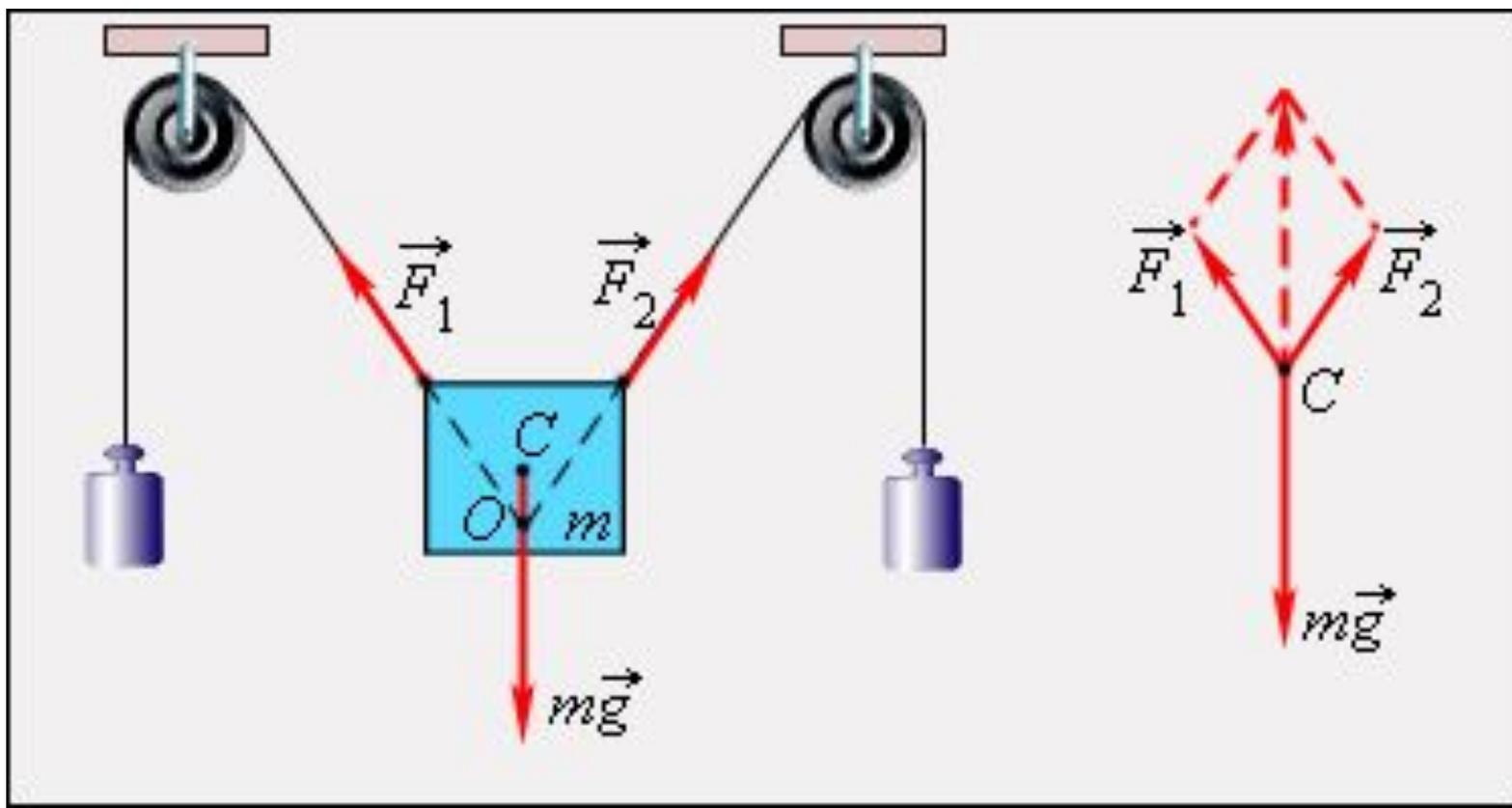
Перегрузка

- $ma = N - mg$; $N = P = ma + mg$
- $P = m(a + g)$ $n = m(a + g) / mg$



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0.$$

Условия равновесия тел



Давление тела на поверхность

$$p = \frac{F}{S}$$

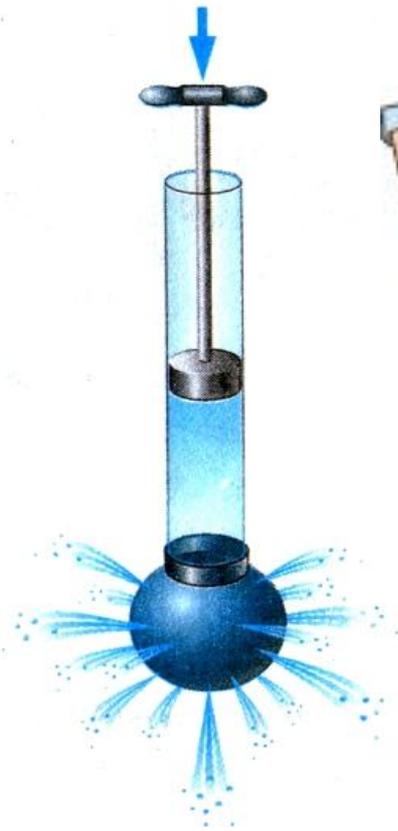
p – давление, Па

F – модуль силы, действующей перпендикулярно поверхности, Н

S – площадь поверхности, м²

Паскаль 1 Па = 1 Н / м²

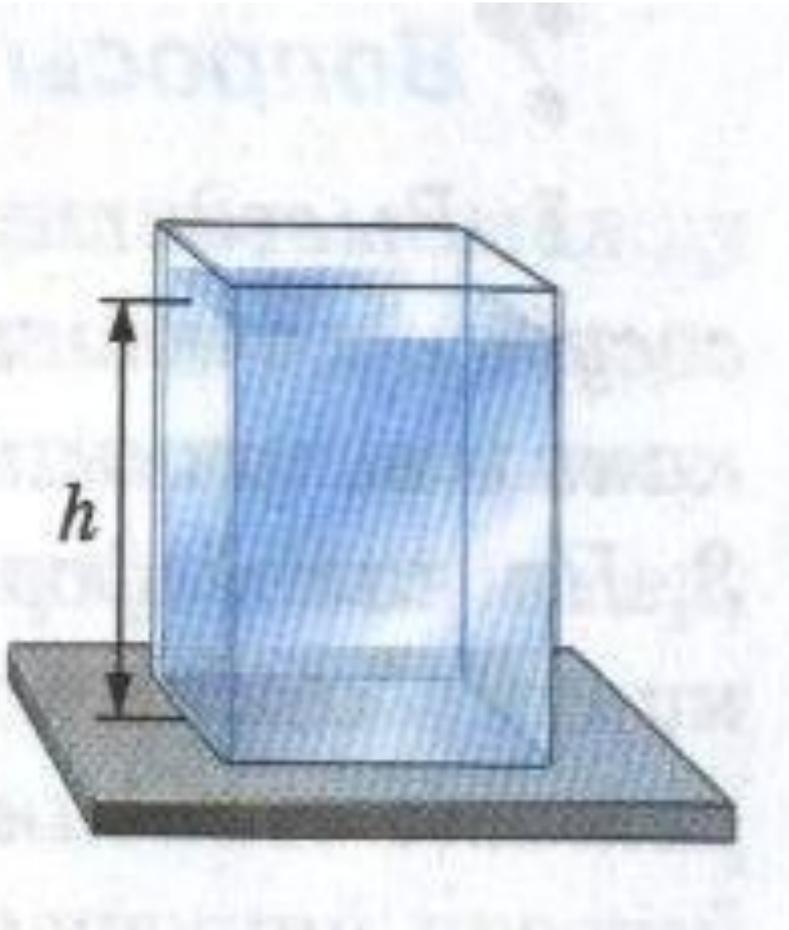
Как газы и жидкости передают давление?



Закон Паскаля

**Жидкости и газы
передают давление по
всем направлениям
одинаково.**

Рассчитаем давление жидкости на
дно сосуда:



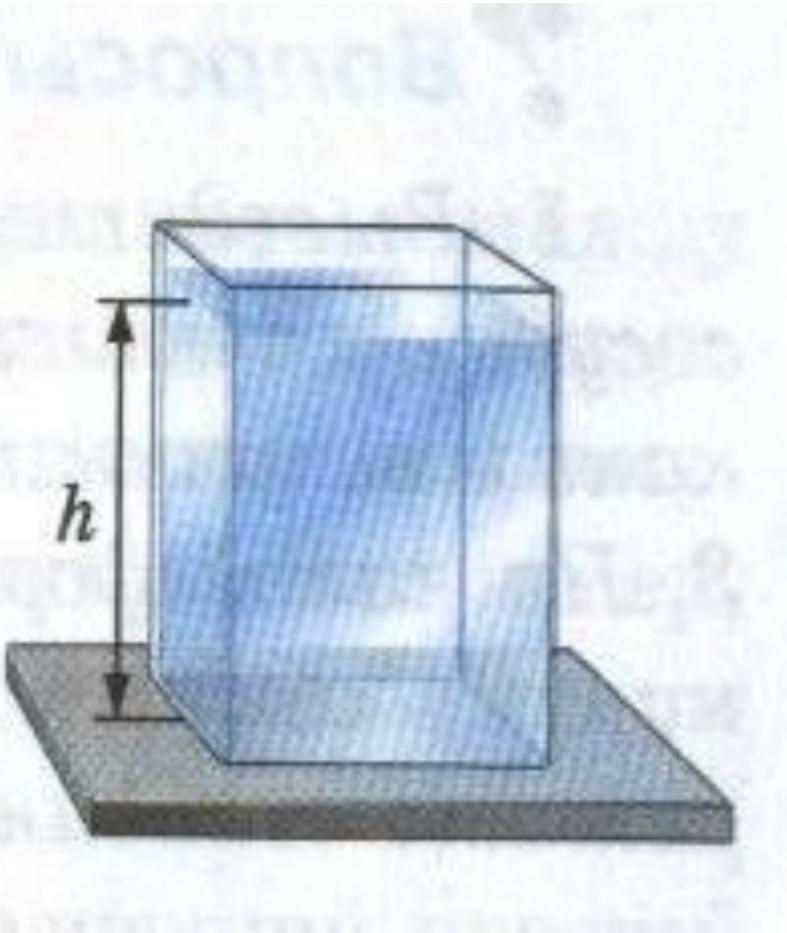
$$P = \frac{F}{S}$$

$$F = P = mg$$

$$m = V\rho$$

$$V = Sh$$

Рассчитаем давление жидкости на
дно сосуда:



$$p = \frac{Sh\rho g}{S}$$

$$p = \rho g h$$

$$F = Sh\rho g$$

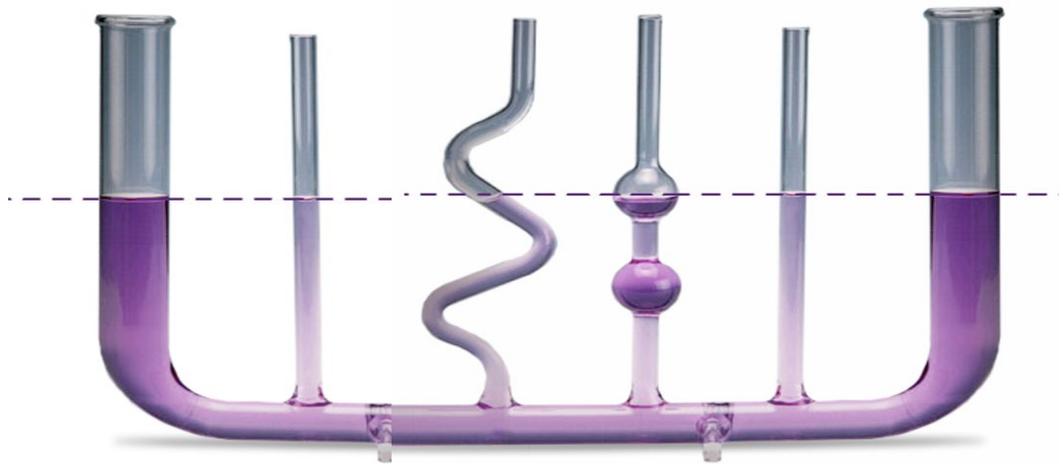
$$p = \rho g h = \frac{F}{S}$$

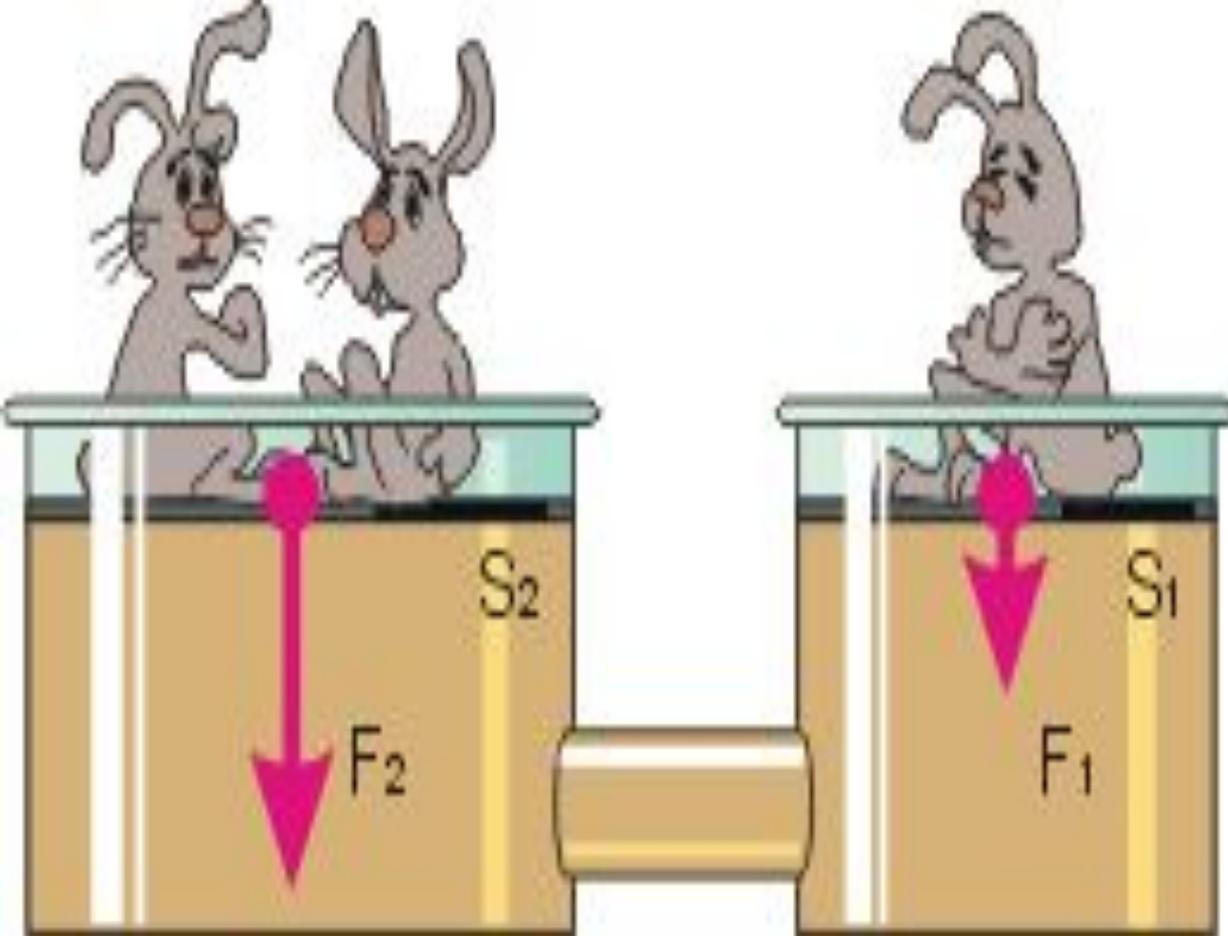
- Давление на дно зависит только от плотности и высоты столба жидкости;
- Можно рассчитать давление жидкости, налитой в сосуд любой формы;
- Можно вычислить давление на стенки сосуда (так как давление на одной и той же глубине одинаково по всем направлениям).

Вывод:

Давление в жидкости на одном и том же уровне будет одинаково во всех сосудах. Давление в общей части тоже будет одинаково на одном и том же уровне.

$$p = \rho_{\text{жс}} gh$$





p_2

p_1

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

$$p_1 = p_2$$

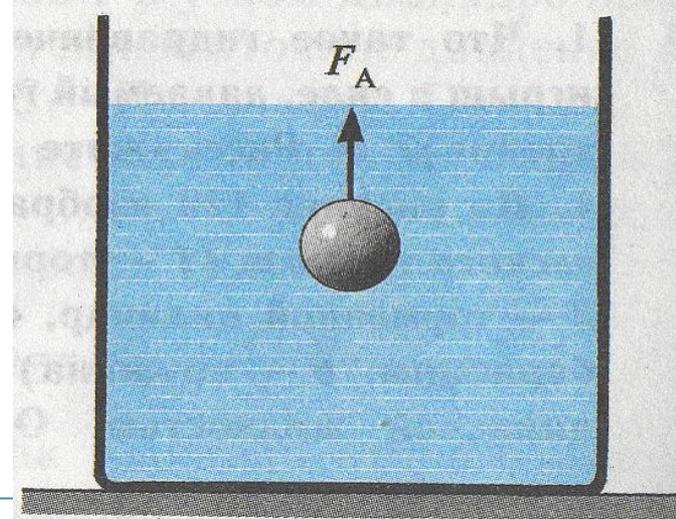
$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_1 \cdot S_2 = F_2 \cdot S_1$$

Закон Архимеда

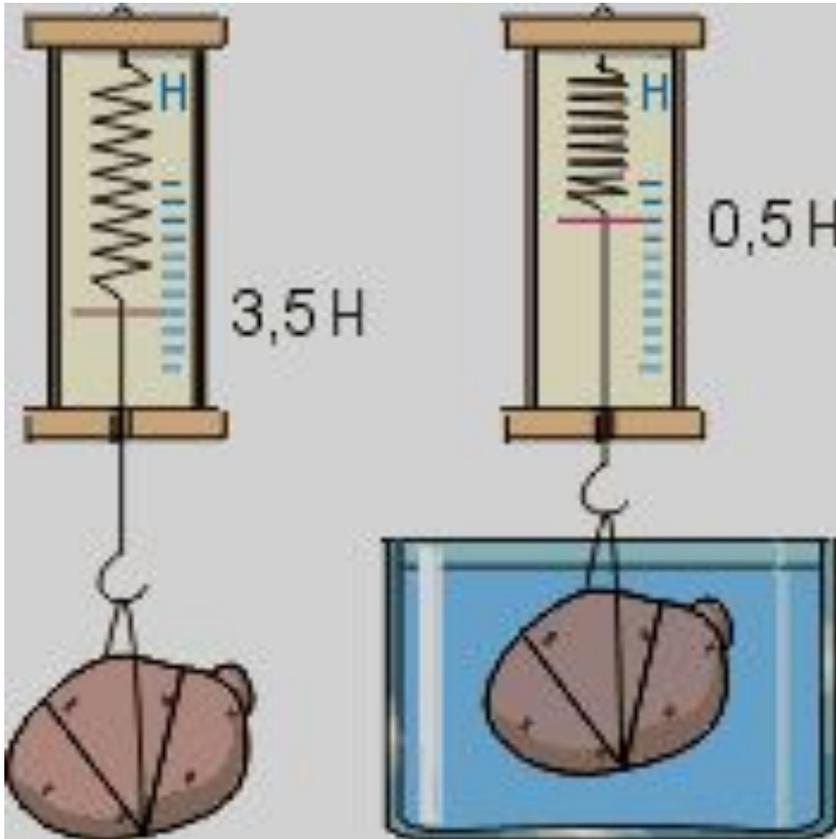


На всякое тело, погруженное в покоящуюся жидкость (или газ), действует со стороны этой жидкости выталкивающая сила, равная весу жидкости, вытесненной этим телом.

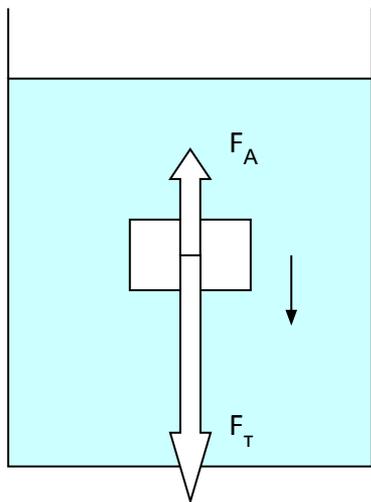
$$F_A = \rho V g$$

$$P_{\text{в жидк}} = P_{\text{в воздухе}} - F_A$$

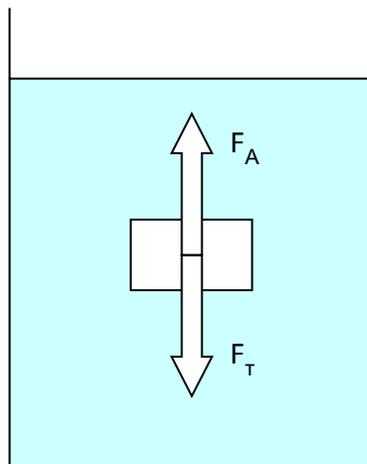
$$F_A = P_{\text{в воздухе}} - P_{\text{в жидк}}$$



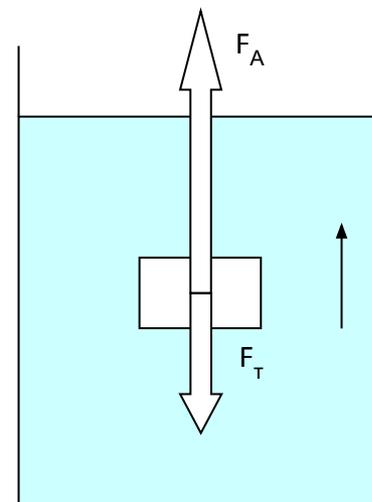
$$F_A = P_{\text{вытесненной жидкости}}$$



Если $F_T > F_A$,
То тело тонет



Если $F_T = F_A$,
То тело плавает



Если $F_A > F_T$,
То тело всплывает

Если

$$F_T > F_A ,$$

$$m g > g \rho_{\text{ж}} V_{\text{п}}$$

$$\rho_T V g > g \rho_{\text{ж}} V_{\text{п}}$$

$$\rho_T > \rho_{\text{ж}}$$

Тело тонет

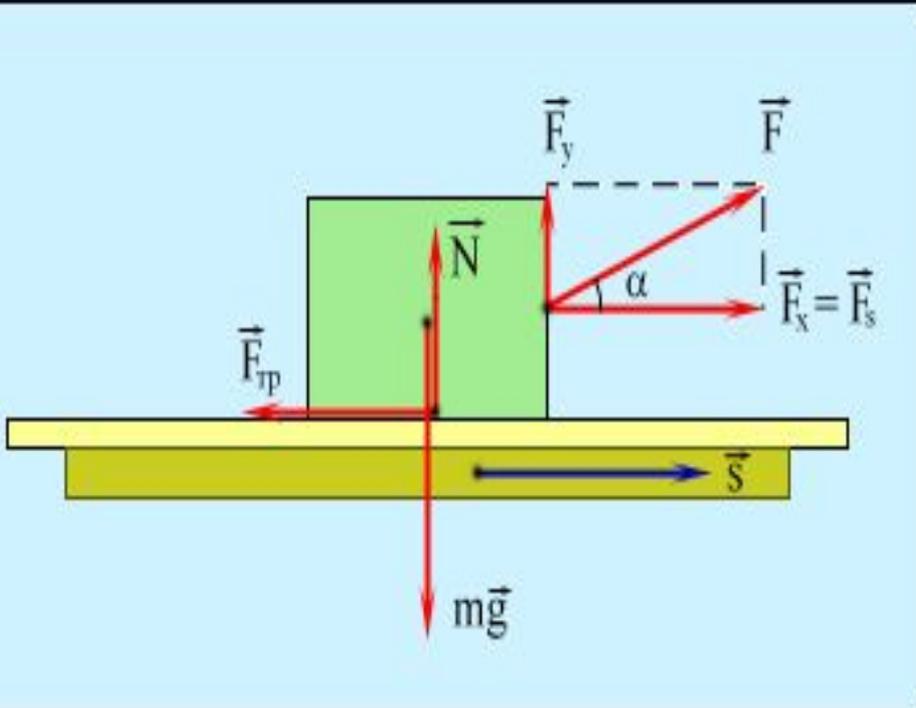
Тело тонет, если $\rho_{\text{т}} > \rho_{\text{ж}}$

Тело плавает, если $\rho_{\text{т}} = \rho_{\text{ж}}$

Тело всплывает, если $\rho_{\text{т}} < \rho_{\text{ж}}$

Работа.

- Работа силы F при перемещении x равна произведению модулей этих векторов на косинус угла между ними.
- Работа – скалярная физическая величина.



$$A = F S \cos \alpha$$

или

$$A = F_x \Delta x \cos \alpha$$

Единица работы – Джоуль.

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$$

Тело перемещается на расстояние 1 м, под воздействием силы в 1 Н.

Мощность. N

- Средняя мощность – скалярная физическая величина, равная отношению работы к промежутку времени, за который она совершена:



$$N = \frac{A}{t}$$

Мгновенная мощность.

- Это скалярная величина, равная отношению работы к промежутку времени t , в течение которого она совершена.

$$N = \frac{FS \cos a}{t} = Fv \cos a$$

Единицы измерения мощности

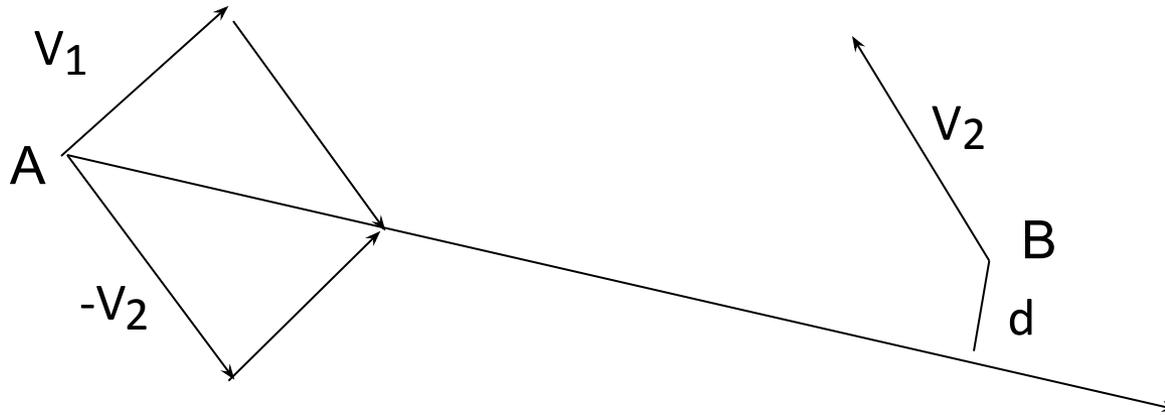
$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}$$



Задача № 1. Две машины A и B идут пересекающимися курсами с заданными скоростями V_1 и V_2 . Определить наименьшее расстояние, на которое сближаются машины.

Решение:

Сложность в том, что обе машины движутся \longrightarrow одну надо остановить (пусть B) и построить траекторию движения машины A относительно другой. Опустив перпендикуляр из точки нахождения неподвижного автомобиля, получим наименьшее расстояние между ними.

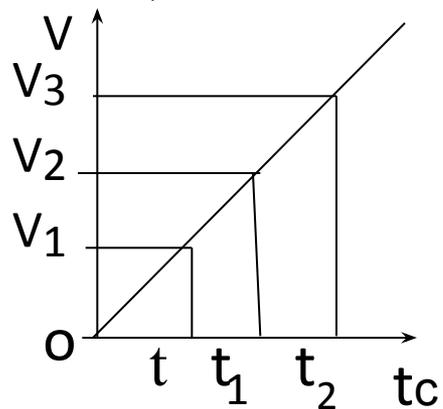


Ответ: d - наименьшее расстояние между машинами.

Задача № 2. Когда опоздавший пассажир вбежал на платформу, мимо него за время t_1 прошел предпоследний вагон поезда. Последний вагон прошел мимо пассажира за время t_2 . На сколько опоздал пассажир к отходу поезда? Движение поезда считать равноускоренным, длина вагонов одинаковая.

Решение:

Задача стандартная, в пособиях по физике часто встречаются решения этой задачи. Предлагается решение с использованием графика зависимости проекции скорости поезда от времени. Ось Ox направляем по ходу движения поезда, часы включаем в момент его отправления.



Обозначения: t – время, на которое опоздал пассажир;
 t_1 и t_2 – промежутки времени, причём $t_1 > t_2$;
 a – ускорение поезда,
 V_1 – скорость начала предпоследнего вагона,
 V_2 – скорость конца предпоследнего (начала последнего) вагона;
 V_3 – скорость конца последнего вагона.

Тогда $V_1 = a \cdot t$, $V_2 = a \cdot (t + t_1)$, $V_3 = a \cdot (t + t_1 + t_2)$, но так как площади трапеций равны то получаем выражение

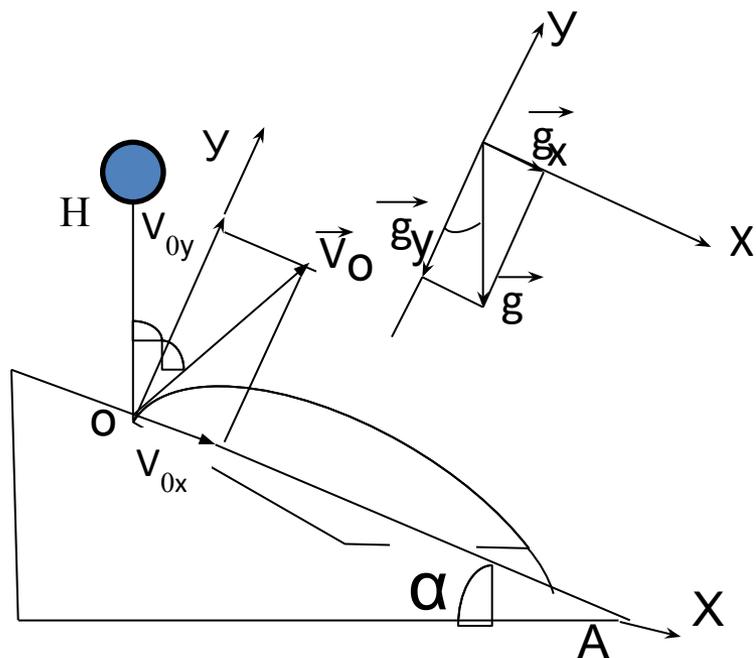
$$\left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \cdot t_1 = \left(\frac{V_2 + V_3}{2}\right) \cdot t_2$$

После подстановки и преобразований получим ответ:

$$t = \frac{2 \cdot t_1 \cdot t_2 + t_2^2 - t_1^2}{2 \cdot (t_1 - t_2)}.$$

Задача № 3. Шарик свободно падает на плоскость, образующую с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Пролетев по вертикали расстояние $H = 1\text{ м}$, шарик упруго отражается и второй раз падает на ту же плоскость. Найти расстояние между точками первых двух ударов.

Решение:



Шарик свободно падает на плоскость, следовательно, можно найти его скорость в момент падения:

$V_0 = (2gH)^{0,5}$ - с этой же скоростью он отлетит от плоскости. Выбор осей Ox и Oy виден из рисунка. При таком выборе осей шарик будет двигаться равноускоренно как вдоль оси Ox так и вдоль оси Oy . Найдём проекции скорости V и ускорения g . Получим:

$$V_{0x} = V_0 \cdot \sin\alpha; \quad V_{0y} = V_0 \cdot \cos\alpha;$$

$$g_x = g \cdot \sin\alpha; \quad g_y = -g \cdot \cos\alpha.$$

Уравнения движения будут иметь вид:

$$x = V_0 \cdot t \sin\alpha + g \cdot \sin\alpha \cdot t^2 / 2; \quad y = V_0 \cdot t \cos\alpha - g \cdot \cos\alpha \cdot t^2 / 2.$$

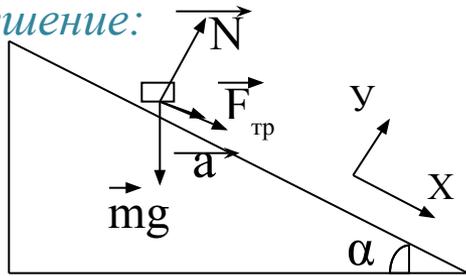
При падении шарика в точку A $y = 0$, следов. $t = 2 \cdot V_0 / g = 2 \cdot (2H/g)^{0,5}$.

Находим, расстояние между точками первых двух ударов, подставляя t в x , получим:

$$x = OA = L = 8H \sin\alpha = 4\text{ м}.$$

Задача № 4. Мелкий боек с горизонтальным углом $\alpha = 10^\circ$. По ней пускают камень вверх, который поднявшись на некоторую высоту, соскальзывает вниз. Время спуска больше времени подъёма в два раза. Найти коэффициент трения.

Решение:



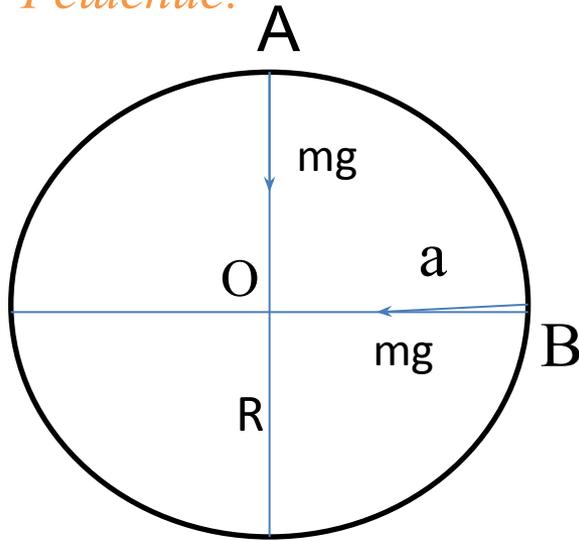
Пусть камень движется вверх, тогда в проекции на оси ОХ и ОУ второй закон Ньютона будет иметь вид $ma_1 = mg \cdot \sin\alpha + F_{\text{тр}}$; $N = mg \cdot \cos\alpha$, но $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$; в итоге:

$$a_1 = g \cdot (\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha) \quad (1)$$

При движении камня вниз аналогично: $a_2 = g \cdot (\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)$ (2) Надо установить связь между a_1 и a_2 . Воспользуемся кинематикой. При движении вниз имеем: $S = a_2 \cdot t_2^2 / 2$, но оказывается и при движении вверх получается похожее выражение $S = a_1 \cdot t_1^2 / 2$; где S – путь камня, t – время его движения. По условию задачи $t_2 / t_1 = 2$, следовательно, $a_1 = 4a_2$ или окончательно разделив (1) на (2) и выполнив преобразования, получим ответ $\mu = 3/5 \cdot \text{tg}\alpha = 0,1$.

Задача № 5. Вес тела на экваторе составляет $\alpha = 97\%$ от веса этого же тела на полюсе. Найти период вращения планеты вокруг своей оси T , если

Решение:



A -- точка полюса планеты.

Через эту точку проходит ось вращения, она не движется. Вес тела в этой точке равен по модулю силе тяжести.

$P_A = G \cdot m \cdot M / R^2$, где G – гравитационная постоянная,

M – масса планеты, R – её радиус, m – масса тела.

B – точка экватора, она движется по окружности с центростремительным ускорением $-a$, поэтому вес тела в этой точке будет меньше, чем сила тяжести;

$P_B = G \cdot m \cdot M / R^2 - m \cdot v^2 / R$, v – линейная скорость точки B.

По условию $P_B = 0,97 P_A$ следов. $G \cdot M \cdot m / R^2 - m \cdot v^2 / R = 0,97 \cdot G \cdot M \cdot m / R^2$

После преобразований $v^2 = 0,03 \cdot G \cdot M / R$; с другой стороны $v = 2\pi R / T$, где T – период вращения; кроме того плотность $\rho = M / V = M : 4/3\pi R^3$ тогда

$M = \rho \cdot \pi \cdot R^3 \cdot 4/3$. Подставляя в «выделенное» получим ответ: $T = 10(\pi / G \cdot \rho)^{0,5}$.

Проведя вычисления получим числовое значение $T = 4,3 \cdot 10^4 \text{с} = 12 \text{час}$.

вроде здесь слайдов уже достаточно

добавляю еще слайды

