механика

С днём знаний

Что изучает физика

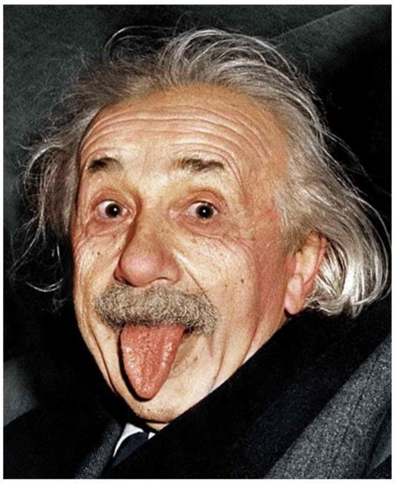
Знаете, как говорится в народе?
Физика царица всех наук о природе!
Физика много разделов включает,
Каждый вопросы свои изучает.
Например, проводов всех величество
Изучает раздел ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.
МЕХАНИКА все изучает движения,
Действия сил и точки их приложения.
Тепловых процессов динамику
Изучает ТЕРМОДИНАМИКА.
Отражение света, его преломление,
Прямолинейное распространение,
Как изображение глаз получает
Все это ОПТИКА изучает.
Что собой представляет ядро или атом
Мы из АТОМНОЙ ФИЗИКИ узнаем когда-то.
В каждом разделе много полезного,
Познавательного и интересного!

Физика-богиня!
Физика-царица!
Физике учиться мы не должны лениться!!!

ОГЛАВЛЕНИЕ

В учебных заведениях идет экзамен по электротехнике.
В университете вопрос в билете: "В чем измеряется сила тока?"
Три варианта ответа: "1. в амперах; 2. в килограммах; 3. в децибелах".
В институте вопрос в билете: "Сила тока измеряется в амперах?"
Три варианта ответа: "1. да; 2. нет; 3. затрудняюсь ответить".
В военном училище вопрос в билете: "Сила тока измеряется в амперах!"
Три варианта ответа: "1. Так точно; 2. Никак нет. 3. Не могу знать".

Знания – сила !



Альберт Эйнштейн
14 марта 1879 г. – 18 апреля 1955 г.

ХОЧЕШЬ ПОЛУЧИТЬ 5 ПО ФИЗИКЕ?

ДЛЯ ЭТОГО НАДО МНОГО ЗНАТЬ И УМЕТЬ.

ЧТОБЫ ЗНАТЬ, НАДО НЕ ОДИН РАЗ ПРОЧИТАТЬ И ИЗУЧИТЬ КОНСПЕКТ.

ЧТОБЫ УМЕТЬ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ЗНАНИЯМИ, НАДО ЗАСТАВИТЬ СЕБЯ ОТКАЗАТЬСЯ СПИСЫВАТЬ И НАУЧИТЬСЯ САМОСТОЯТЕЛЬНО РЕШАТЬ ЗАДАЧИ.

Легко заблудиться в лесу знаний. Учи теорию!!!

Алгоритм решения задач по физике

Для успешного решения задач по физике необходимо:

1. Хорошо знать формулы и законы физики и уметь правильно их применять.
2. Знать размерности всех величин и уметь правильно переводить размерности величин из одной системы единиц в другую.
3. Уметь определять тип задачи (то есть, к какому разделу физики она относится и какой алгоритм решения можно применить к данной задаче).
4. Иметь навык анализа полученной формулы и окончательного числового ответа.

Универсальной методики решения задач не существует, поэтому мы будем разбирать примерный алгоритм решения задач по разным разделам физики, который облегчит Вам поиск правильного ответа.

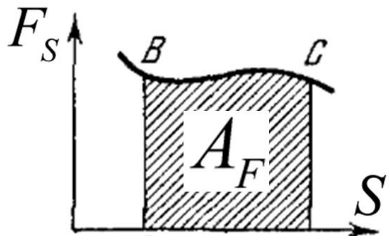
Существует три основных способа поиска неизвестной величины:

1. её можно найти непосредственно по формуле - определению данной величины, например, механическую работу постоянной по величине и направлению силы - по формуле $A = FScos\alpha$,

силу тока - по формуле $I = \dfrac{q}{t}$ и так далее;

2. если задача более сложная, то предыдущим способом определить искомую величину не удаётся. В этом случае её находят по какому-либо закону, например, механическую работу силы можно определить по закону изменения полной механической энергии или теореме о кинетической энергии, а силу тока по закону Ома и так далее. В этом случае применяют определённую схему решения задач;
3. и, наконец, третий способ определения неизвестной величины - графический или геометрический. Например,

механическую работу силы можно найти как площадь фигуры под кривой графика зависимости силы, действующей на тело, от пройденного телом пути,



а импульс системы двух материальных точек удобнее определить геометрически и решить векторный треугольник импульсов, используя либо теорему Пифагора для прямоугольного треугольника, либо теорему косинусов для произвольного треугольника.

Первый способ самый простой и требует применения лишь формулы-определения данной величины.
Второй способ требует знания различных законов и основных схем решения задач.
Третий способ опирается на векторную алгебру и геометрию.

Однако общие рекомендации к решению любых задач являются универсальными, поэтому очень внимательно их разберите.

Общая схема решения задач по физике

1. Внимательно прочитайте задачу. Выясните, к какому разделу физики она относится, и какие законы в ней надо использовать. Задачи могут быть комбинированными, то есть для их решения необходимо применение законов нескольких разделов физики.
2. Сделайте краткую запись условия задачи. Все данные задачи необходимо выразить в единицах системы СИ, так как все формулы, которые Вы изучаете, записаны именно в этой системе.
3. Приступая к решению задачи, очень важно правильно в математической форме записать вопрос к задаче.

Здесь возможны, например, такие варианты:

а. необходимо найти значение какого – либо параметра, например, скорость тела v в какой-то момент времени, его высоту подъёма h и т.д.

Такие задачи решаются тремя основными способами:
- используя формулу-определение данной величины;
- применяя какой-либо закон, в который эта величина входит;
-используя геометрический смысл данной величины или графический способ её нахождения;

б. необходимо определить ***на сколько*** изменилась данная величина в результате какого – либо процесса.

В этом случае находят разность конечного v_2 и начального v_1 значений данной величины, например,

$$\Delta v = v_2 - v_1,$$

Если при этом окажется, что $\Delta v > 0$, то искомая величина увеличилась, если $\Delta v < 0$, то она уменьшилась, если же $\Delta v = 0$, то она не изменилась.

Необходимо обратить особое внимание, если речь идёт о векторной величине.

Если просят найти, на сколько изменилась данная векторная величина в результате какого – либо процесса, то надо найти следующее выражение

$$\left|\Delta\vec{v}\right| = \left|\vec{v}_2 - \vec{v}_1\right|.$$

Если же просят найти, на сколько изменился модуль данной величины, то необходимо найти следующее выражение

$$\Delta v = \left|\vec{v}_2\right| - \left|\vec{v}_1\right|;$$

в. необходимо определить ***во сколько раз*** изменилась данная величина в результате какого – либо процесса.

В этом случае необходимо найти отношение конечного и начального значений данной величины, например, $\frac{v_2}{v_1}$.

При этом если окажется, что $\frac{v_2}{v_1} > 1$, то искомая величина увеличилась, если $\frac{v_2}{v_1} < 1$, то она уменьшалась, а если $\frac{v_2}{v_1} = 1$, то не изменилась;

г. если в задаче спрашивается: «на сколько процентов изменилась данная величина v ?», то надо найти следующее выражение:

$$\varepsilon = \frac{v_2 - v_1}{v_1} \cdot 100\%,$$

где v_1 и v_2 - начальное и конечное значения величины v.

Если при этом окажется, что $\varepsilon > 0$, то искомая величина увеличилась на столько-то процентов, если $\varepsilon < 0$, то она уменьшалась на столько-то процентов, а если $\varepsilon = 1$, то она не изменилась.

4. Сделайте чертеж, схему или рисунок, поясняющие условие задачи. Укажите на чертеже все данные и искомые величины задачи.

5. Напишите уравнение или систему уравнений, отображающих происходящий в условии задачи физический процесс. При необходимости выберите удобную систему координат и запишите векторные уравнения в проекциях на оси координат.

6. Используя условия задачи и чертеж, составьте уравнение или систему уравнений, которые описывают происходящий в условии задачи процесс так, чтобы в конечном виде в них входили лишь упомянутые в условиях задачи величины и табличные данные.

Если количество неизвестных в системе окажется больше числа уравнений, то необходимо дописать формулы или законы из других разделов физики (обычно уравнения динамики дополняют уравнениями движения или законами сохранения и т.д.) или дополнить систему уравнениями связи, которые следуют из условия задачи или сделанного рисунка.

Общий принцип следующий: ***сколько неизвестных величин в уравнениях, столько же должно быть и формул***.

7. Решите задачу, не делая промежуточных вычислений, получив окончательную формулу в буквенном виде. Это обусловлено тем, что решение по частям может не получиться, так как некоторые неизвестные величины, появляющиеся по ходу решения, могут сократиться лишь при подстановке в окончательную формулу.

8. После получения окончательной формулы, необходимо убедиться, что все величины известны (возможно, что некоторые из них необходимо будет взять из таблиц) и ***проверить размерность полученного равенства***, предварительно переведя все величины в систему единиц СИ. Для этого в окончательную формулу необходимо подставить не числа, а размерности этих величин и произвести математические действия, как с обычными числами. При этом следует помнить, что складывать и вычитать можно только одну и ту же размерность, а в степенях, под логарифмами и в аргументах тригонометрических функций должны быть безразмерные величины.

Если окажется, что размерность левой части уравнения не сходится с размерностью правой части уравнения, то Вы задачу решили не правильно.

9. После проверки размерности необходимо подставить в окончательную формулу данные в условии задачи величины и произвести вычисления.

10. Запишите окончательный ответ и проанализируйте полученный результат на правдоподобность ответа (например, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме, КПД двигателя не может быть больше единицы, муха не может лететь со скоростью 300 км/ч и так далее).

Основные единицы системы СИ

Метр (*м*) равен длине пути, который свет проходит в вакууме за время 1/299792458 с.

Секунда (*с*) равна 912631770 периодам электромагнитного излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133.

Масса (*кг*). Один килограмм равен массе международного прототипа килограмма, изготовленного из платиноиридиевого сплава (Pt 90%, Ir 10%) в виде цилиндрической гири диаметром и высотой 39 *мм*.

Ампер (*А*) равен силе постоянного тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и малого кругового сечения, расположенным друг от друга на расстоянии 1 *м*, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 *м* силу взаимодействия в $2 \cdot 10^{-7} H$.

Кельвин (*К*) равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль (*моль*) равен количеству вещества, содержащего столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в 0,012 *кг* изотопа углерода 12.

Канделла (*кд*) равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $\nu = 540 \cdot 10^{12}$ *Гц*, энергетическая сила которого в этом направлении составляет $\frac{1}{683}\frac{Вт}{ср}$.

Дополнительные единицы СИ

Плоский угол радиан (рад) равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу этой окружности.

Телесный угол стерадиан (ср) равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Если учебник не поможет - армия исправит всё

КИНЕМАТИКА

(изучает движение тел без учёта сил, вызывающих эти движения)

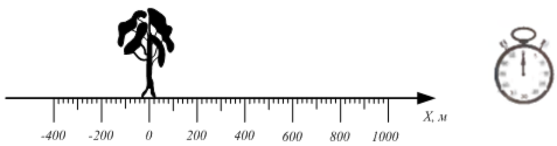
Траектория – это линия по которой двигалость тело

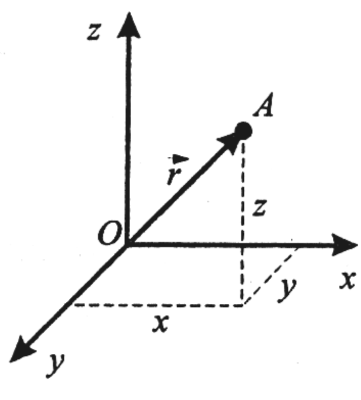
Материальной точкой называется тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

Механическим движением называется перемещение тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

Для описания движения материальной точки необходима система отчета.

Системой отсчета называется совокупность тела отсчета, системы координат и часов для измерения времени.





Траекторией называется линия, по которой двигалась материальная точка.

Путём S (эс) называется скалярная величина, равная длине траектории, по которой двигалась материальная точка.

Радиус - вектором $\vec{r}$ (эр) называется вектор, проведённый из начала координат в рассматриваемую материальную точку.

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}\,, \quad [r] = м\,,$$

где $\vec{i}$ (и), $\vec{j}$ (йот), $\vec{k}$ (ка) - единичные векторы направлений координатных осей (орты);

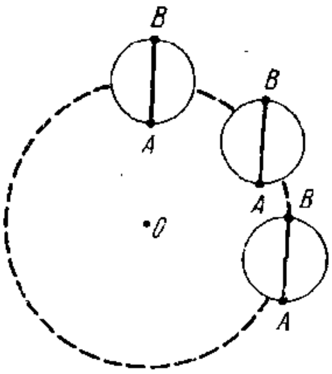
x (икс), y (игрек), z (зэт) - координаты точки, $м$.

Модуль радиус – вектора $|\vec{r}| \equiv r$ равен: $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

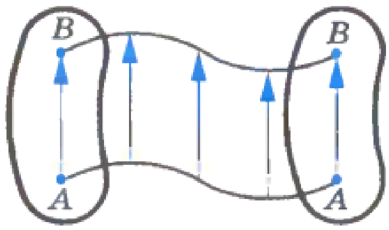
Перемещением $\Delta\vec{r}$ называется вектор, проведённый из начального положения материальной точки в её конечное положение: $\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0\,,$

где $\vec{r}_0$ и $\vec{r}$ - это начальный и конечный радиус – вектор материальной точки. $[\vec{r}] = [м]$, метр

Кинематика поступательного движения



Поступательным называется движение, при котором любая прямая, проведённая в теле, остаётся параллельной сама себе при движении этого тела.



Основными особенностями такого вида движения являются следующие обстоятельства:

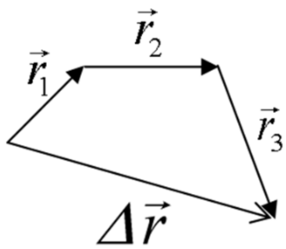
- *при поступательном движении все точки тела движутся совершенно одинаково, то есть имеют одну и ту же линейную скорость* $\vec{v}$, *ускорение* $\vec{a}$, *траектории движения, совершают одинаковые перемещения* $\Delta\vec{r}$ *и проходят одинаковый путь* S.
- *в этом случае при описании движения тела его можно рассматривать как материальную точку.*

Скорость $\vec{v}$

Для характеристики быстроты перемещения тела в пространстве ввели понятие скорости

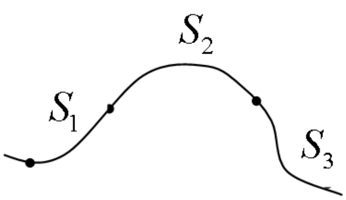
Различают среднюю скорость $\langle\vec{v}\rangle$, среднюю путевую скорость $\langle v\rangle$ и мгновенную скорость $\vec{v}$.

Средней скоростью $\langle\vec{v}\rangle$ (вэ) (или с***редней скоростью по перемещению***) называется векторная величина, равная отношению перемещения тела $\Delta\vec{r}$ за какой-либо промежуток времени Δt, к величине этого промежутка времени:



$$\langle\vec{v}\rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \ldots + \vec{r}_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$

Средней путевой скоростью $\langle v\rangle$ (вэ) называется скалярная величина, равная отношению пути S пройденного телом за какой-либо промежуток времени t, к величине этого промежутка времени:



$$\langle v\rangle = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2 + \ldots + S_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}$$

Особый случай: Если тело за рассматриваемый промежуток времени движется в одном и том же направлении с одним и тем же по величине и направлению ускорением (то есть $\vec{a} = const$), то среднюю скорость тела за этот промежуток времени можно определить по формуле: $\langle v \rangle = \dfrac{v_1 + v_2}{2}$, где v_1 и v_2 - это начальная и конечная скорости тела на этом участке.

Мгновенной скоростью $\vec{v}$ (вэ) называется векторная величина, равная первой производной радиус-вектора $\vec{r}$ материальной точки по времени: $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$,

где $v_x = \dfrac{dx}{dt}, v_y = \dfrac{dy}{dt}, v_z = \dfrac{dz}{dt}$ - проекции скорости $\vec{v}$ на оси координат.

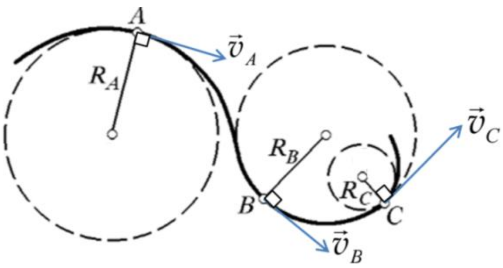
Модуль вектора мгновенной скорости равен: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$.

Размерность скорости: $[v] = \dfrac{м}{с}$, метр в секунду.

Физический смысл скорости: *она показывает, какое перемещение совершает тело за единицу времени при равномерном движении.*

(пример: $v = 5\dfrac{м}{с}$ означает, что тело за каждую секунду перемещается на 5 м.)

Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории движения материальной точки.



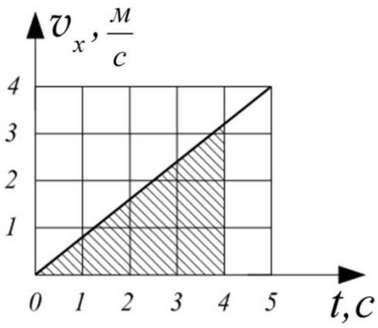
Беседуют два приятеля:
– Знаешь, я вычислил скорость перемещения моей жены по магазину!
– Ну и какова она?
– 2000 рублей в час!

Геометрический смысл пути

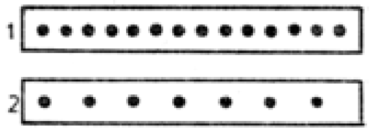
Иногда при решении задач о нахождении пройденного точкой пути удобно пользоваться геометрическим смыслом пути:

***Путь**, пройденный телом равен площади под кривой графика зависимости скорости тела от времени.*

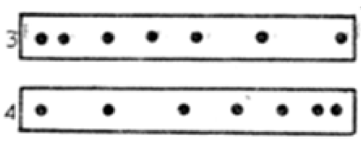
(на рисунке путь, пройденный телом за 4 с равен площади заштрихованного треугольника)

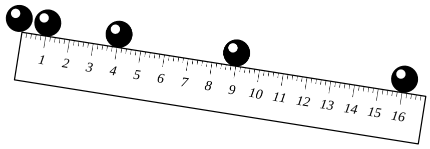


- Если скорость тела не меняется по величине с течением времени, то такое движение называется равномерным



- Если скорость тела изменяется каждую секунду на одну и ту же величину, то такое движение называется равнопеременным





Из области занимательной механики:
Оказывается, передача богатого жизненного опыта, накопленного старшими поколениями, непутевому младшему — относится к ременным передачам...

Ускорение $\vec{a}$

Для характеристики быстроты изменения скорости тела по величине и направлению вводят понятие ускорения $\vec{a}$.


Различают среднее и мгновенное ускорения.

Средним ускорением $\langle \vec{a} \rangle$(а) называется векторная величина, равная отношению приращения скорости тела $\Delta \vec{v}$ за какой-то промежуток времени Δt, к величине этого промежутка времени:

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_2},$$

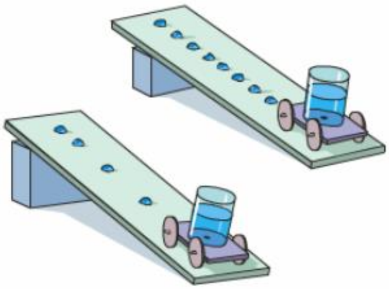
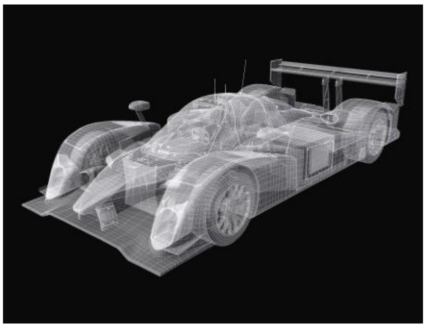
Мгновенным ускорением $\vec{a}$ (а) называется векторная величина, равная первой производной мгновенной скорости материальной точки по времени: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$,

где $a_x = \frac{dv_x}{dt}, a_y = \frac{dv_y}{dt}, a_z = \frac{dv_z}{dt}$ - проекции ускорения тела на оси координат.

Модуль вектора мгновенного ускорения равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

Размерность ускорения: $[a] = \frac{м}{с^2}$, метр на секунду в квадрате.


Сапоги-скороходы

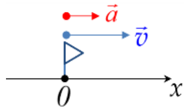
Физический смысл ускорения: *оно показывает, на сколько изменяется скорость тела за единицу времени при равнопеременном движении.*

(например: $a = 10\frac{м}{с^2}$ означает, что скорость тела изменяется на $10\frac{м}{с}$ за каждую секунду.)

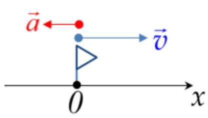
Прямолинейное движение материальной точки

При прямолинейном движении тела ускорение $\vec{a}$:

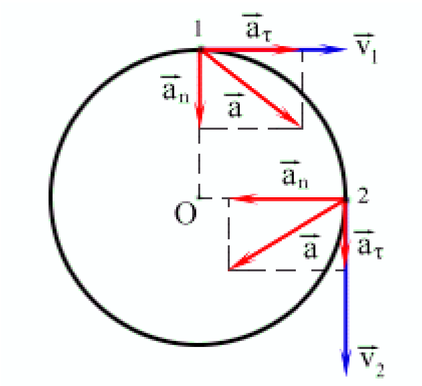
- сонаправлено с вектором мгновенной скорости тела $\vec{v}$ в случае ускоренного движения (при этом скорость тела с течением времени увеличивается)



- противоположно направлено вектору мгновенной скорости тела $\vec{v}$ при замедленном движении (при этом скорость тела с течением времени уменьшается)



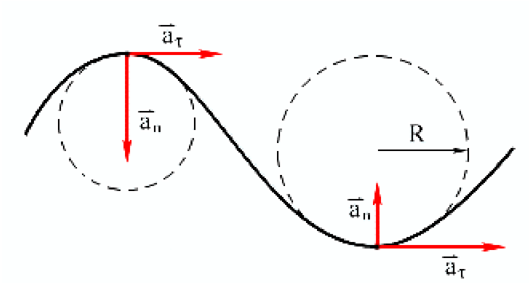
Криволинейное движение материальной точки



При криволинейном движении вектор ускорения $\vec{a}$ в общем случае образует с вектором мгновенной скорости $\vec{v}$ некоторый угол α.
В этом случае вектор полного ускорения удобно разложить на две составляющие a_τ и a_n,

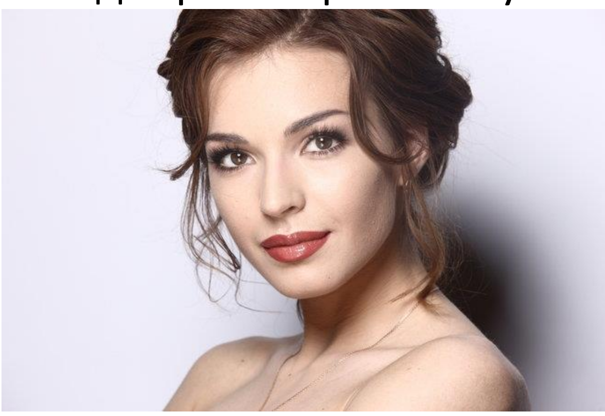
где $a_\tau = \dfrac{dv}{dt}$ - тангенциальное (или касательное) ускорение (характеризует быстроту изменения вектора скорости по величине),

$a_n = \dfrac{v^2}{r}$ - нормальное (или центростремительное) ускорение (характеризует быстроту изменения вектора скорости по направлению)

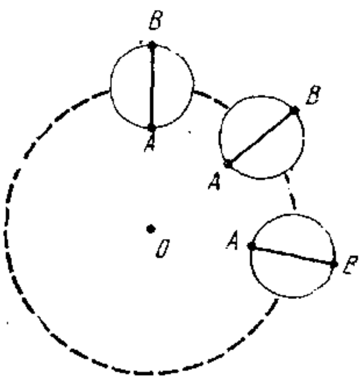


Из рис. следует, что полное ускорение материальной точки при криволинейном движении: $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$.
Модуль полного ускорение материальной точки при криволинейном движении: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

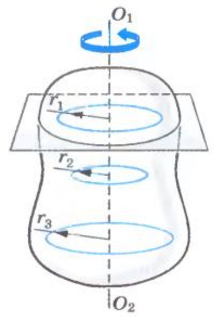
Надо грызть гранит науки



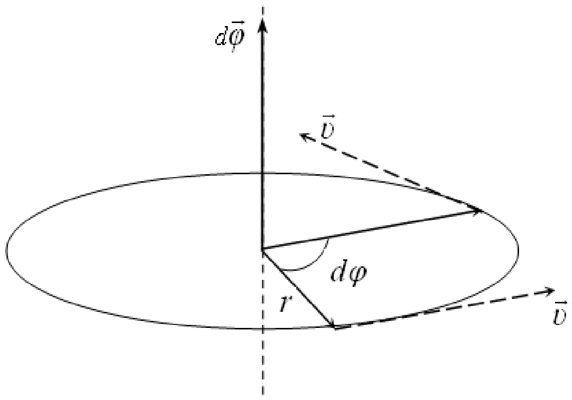
Кинематика вращательного движения



Вращательным называется движение, при котором все точки тела описываю окружности, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой ***осью вращения тела***.



Основной особенностью вращательного движения является следующее обстоятельство:
при вращательном движении все точки тела движутся с одной и той же угловой скоростью ω *и угловым ускорением и совершают одинаковые угловые перемещения.*



Для описания вращательного движения тела вводят в рассмотрение следующие понятия.

Угол поворота φ

Углом поворота φ (фи) называется угол, на который поворачивается радиус-вектор любой точки тела при его вращении.

$$[\varphi] = рад, \text{ радиан.}$$

Элементарное угловое перемещение $d\varphi$ можно рассматривать как вектор $d\vec{\varphi}$, направление которого определяется по **правилу буравчика** (правилу правого винта):

Если буравчик установить вдоль оси вращения тела и вращать рукоятку буравчика по направлению вращения тела, то поступательное движение буравчика укажет направление вектора $d\vec{\varphi}$ (см. рис).

Удобство такого введения в следующем:
- модуль вектора $d\vec{\varphi}$ однозначно определяет величину элементарного поворота тела $d\varphi$,
- направление вектора $d\vec{\varphi}$ через правило буравчика определяет направление вращения тела,
- положение вектора $d\vec{\varphi}$ в пространстве определяет ось вращения тела.

Угловая скорость ω

Для характеристики быстроты вращения тела в пространстве вводится понятие угловой скорости. Различают среднюю угловую скорость $\langle\omega\rangle$ и мгновенную угловую скорость $\vec{\omega}$.

Средней угловой скоростью $\langle\omega\rangle$ (омега) называется скалярная величина, равная отношению угла поворота $\Delta\varphi$ (дэльта фи) радиус-вектора материальной точки при её движении по окружности за какой-либо промежуток времени Δt, к величине этого промежутка времени:

$$\langle\omega\rangle = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t},$$

Размерность угловой скорости: $[\omega] = \dfrac{рад}{с}$, радиан в секунду.

Мгновенной угловой скоростью $\vec{\omega}$ (омега) называется векторная величина, равная первой производной угла поворота тела по времени:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}.$$

Физический смысл угловой скорости: *она показывает, на какой угол поворачивается радиус-вектор любой точки тела за единицу времени при равномерном вращении.*

(например: $\omega = 2\frac{рад}{c}$ означает, что за каждую секунду радиус-вектор поворачивается на 2 радиана)

Направление угловой скорости $\vec{\omega}$ совпадает с направлением вектора $d\vec{\varphi}$, то есть направление $\vec{\omega}$ также определяется по правилу буравчика.

Угловое ускорение $\vec{\varepsilon}$

Для характеристики быстроты изменения угловой скорости вводится понятие углового ускорения.
Различают среднее угловое ускорение и мгновенное угловое ускорение**.**

Средним угловым ускорением $\langle\varepsilon\rangle$ (эпсилон) называется скалярная величина, равная отношению изменения угловой скорости тела $\Delta\omega$ (дэльта омега) за какой-то промежуток времени Δt, к величине этого промежутка времени:

$$\langle\varepsilon\rangle = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Мгновенным угловым ускорением $\vec{\varepsilon}$ (эпсилон) называется векторная величина, равная первой производной угловой скорости тела по времени:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}, \text{ размерность } [\varepsilon] = \frac{рад}{c^2}, \text{ радиан на секунду в квадрате.}$$

Физический смысл углового ускорения: *оно показывает, на сколько изменяется угловая скорость тела за единицу времени при равнопеременном вращении.*

(например: $\varepsilon = 1\frac{рад}{c^2}$ означает, что за каждую секунду угловая скорость тела изменяется на $1\frac{рад}{c^2}$.)

Направление вектора углового ускорения $\vec{\varepsilon}$ совпадает с направлением вектора $d\vec{\omega}$, то есть оно сонаправлено с вектором $\vec{\omega}$ при ускоренном вращении тела и противоположно направлено при замедленном вращении.

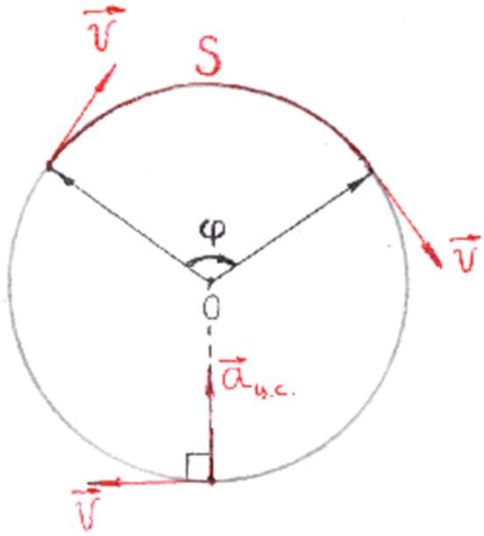
Периодом вращения T (тэ) называется физическая величина, равная времени одного полного оборота.

$T = \frac{t}{N}$, где t (тэ)– время, за которое точка сделает N (эн) оборотов, $[T] = c$.

Частотой вращения n (эн) называется физическая величина, равная числу оборотов за единицу времени: $n = \frac{N}{t}$,

где N – число оборотов за время t. $[n] = \frac{об}{c} \equiv \frac{1}{c}$. Причём $T = \frac{1}{n}$.

Связь линейных и угловых величин



$$\begin{cases} S = \varphi r \\ v = \omega r \\ a_{цс} = \dfrac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v \end{cases}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n \qquad T = \frac{1}{n}$$

Путь S и скорость v при различных видах движения

- при равномерном движении $v = const$ и $S = vt$,

- при равноускоренном движении $v = v_0 + at$ и $S = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

- при равнозамедленном движении $v = v_0 - at$ и $S = v_0 t - \dfrac{at^2}{2}$.

Телефонный звонок:
— Алло, это квартира Сидорова Ивана Петровича?
— Нет, это квартира Каца Абрама Самуиловича.
— Извините, это 22-38-89?
— Нет, это 22-38-88.
— Надо же! В шестом знаке ошибка, а такой эффект...

Уравнения движения

Уравнениями движения называются уравнения, по которым можно определить положение тела в пространстве в любой момент времени.

Уравнения поступательного движения

Уравнениями поступательного движения называются уравнения, по которым можно определить координаты тела x, y, z или радиус-вектор тела $\vec{r}$ в любой момент времени.

Зная уравнения движения, можно определить мгновенную скорость $\vec{v}$ и ускорение тела $\vec{a}$ в любой момент времени:

- мгновенную скорость $\vec{v}$ равна первой производной радиус-вектора тела $\vec{r}$ по времени:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k},$$

- мгновенное ускорение $\vec{a}$ равно первой производной мгновенной скорости тела $\vec{v}$ по времени:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}.$$

Частные случаи уравнений поступательного движения

Уравнения равнопеременного поступательного движения

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}\,t^2}{2} \quad \text{и} \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

или в скалярном виде

$$\begin{cases} x = \pm x_0 \pm v_{ox}\,t \pm \dfrac{a_x t^2}{2} \\ y = \pm y_0 \pm v_{oy}\,t \pm \dfrac{a_y t^2}{2} \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} v_x = \pm v_{0x} \pm a_x t \\ v_y = \pm v_{oy} \pm a_y t \end{cases}$$

При необходимости эту систему можно дополнить следующими уравнениями связи:

$v^2 - v_0^2 = 2aS$ - если движение равноускоренное,

$v^2 - v_0^2 = -2aS$ - если движение равнозамедленное.

В общем случае уравнения поступательного движения имеют вид:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \int_0^t \vec{v}(t)dt \quad \text{и} \quad \vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \int_0^t \vec{a}(t)dt$$

Уравнения вращательного движения

Уравнениями вращательного движения называются уравнения, по которым можно определить угол поворота φ радиус-вектор тела в любой момент времени.

Уравнения равнопеременного вращательного движения

$$\varphi = \pm\varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad \text{и} \quad \omega = \pm\omega_0 \pm \varepsilon t$$

В общем случае уравнения вращательного движения имеют вид:

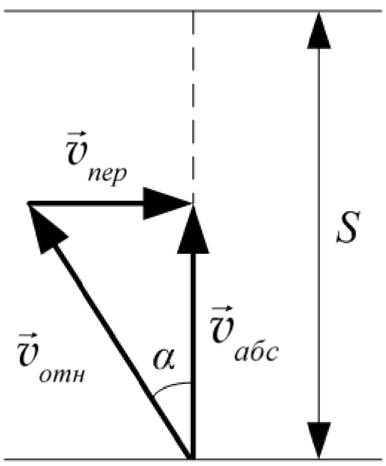
$$\varphi(t) = \varphi_0 + \int_0^t \omega(t)dt \quad \text{и} \quad \omega(t) = \omega_0 + \int_0^t \varepsilon(t)dt$$

Сложное движение

Сложным называется движение тела, рассматриваемое одновременно относительно двух систем координат, одну из которых условно принимают за «неподвижную», а другую за «подвижную» (например, человек идёт по движущемуся вагону или переплывает реку).

Если тело участвует в сложном движении, то скорость тела определяется по следующему правилу:

Вектор скорости тела относительно неподвижной системы координат $\vec{v}_{абс}$ *равен векторной сумме скорости подвижной системы координат относительно неподвижной* $\vec{v}_{пер}$ *плюс скорость тела* $\vec{v}_{отн}$ *относительно подвижной системы координат.*



$$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}$$

где: скорость тела относительно неподвижной системы координат называется ***абсолютной скоростью*** $\vec{v}_{абс}$;

скорость подвижной системы координат относительно неподвижной называется ***переносной скоростью*** $\vec{v}_{пер}$;

скорость тела относительно подвижной системы координат называется ***относительной скоростью*** $\vec{v}_{отн}$.

Например, если поезд движется со скоростью 16 м/с относительно вокзала, а пассажир по ходу поезда бежит со скоростью 2 м/с относительно вагона, то скорость пассажира относительно вокзала будет равна 16 м/с + 2 м/с = 18 м/с. Если же пассажир будет бежать относительно вагона в противоположную сторону движения поезда, то его скорость относительно вокзала будет 16 м/с - 2 м/с = 14 м/с.

Относительное движение

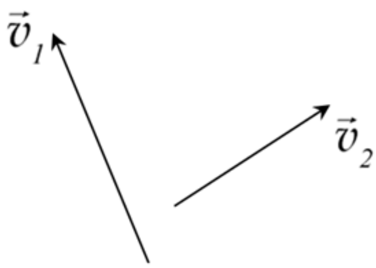
Относительным называется движение тела, рассматриваемое относительно неподвижной системы координат.

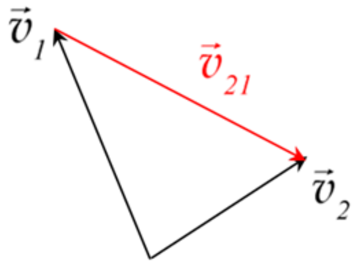
Если в задаче рассматривается движение двух независимых друг от друга тел, движущихся в одной и той же системе координат (например, движение встречных поездов и т.д.), то скорость одного тела относительно другого определяются по следующему правилу:

Вектор относительной скорости двух тел $\vec{v}_{21}$ *равен векторной разности их абсолютных скоростей:*

$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ - скорость второго тела относительно первого,

$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ - скорость первого тела относительно второго.





$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

Гуляют два студента в лесу. Встречают медведя. Первый побежал, второй остался.

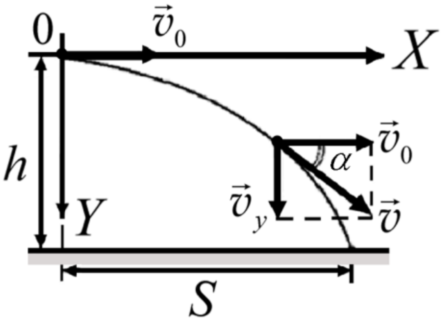
— Побежали! — кричит первый второму.

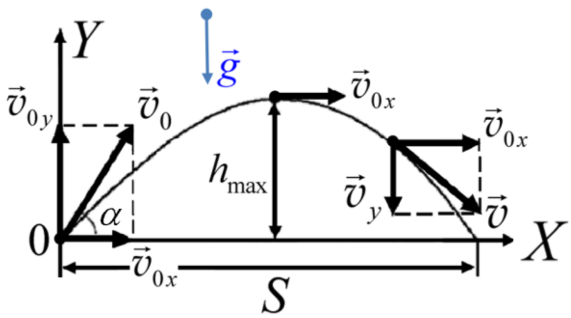
— Зачем? Моя скорость всё равно меньше скорости медведя - говорит второй.

— Неважно, что твоя скорость меньше скорости медведя, важно, чтобы моя скорость была больше твоей — отвечает первый.

Свободное падение тел

Свободным падением тела называется движение тела под действием только силы тяжести (то есть, сопротивления воздуха нет, и никакие другие тела на него не действуют)





При свободном падении все тела движутся с ***ускорением свободного падения*** $\vec{g}$, которое вблизи поверхности Земли равно g = 9.81 м/с^2. При этом траекторией движения тела, брошенного под углом к горизонту, является ***парабола***, а координаты тела и проекция скорости тела изменяются по законам:

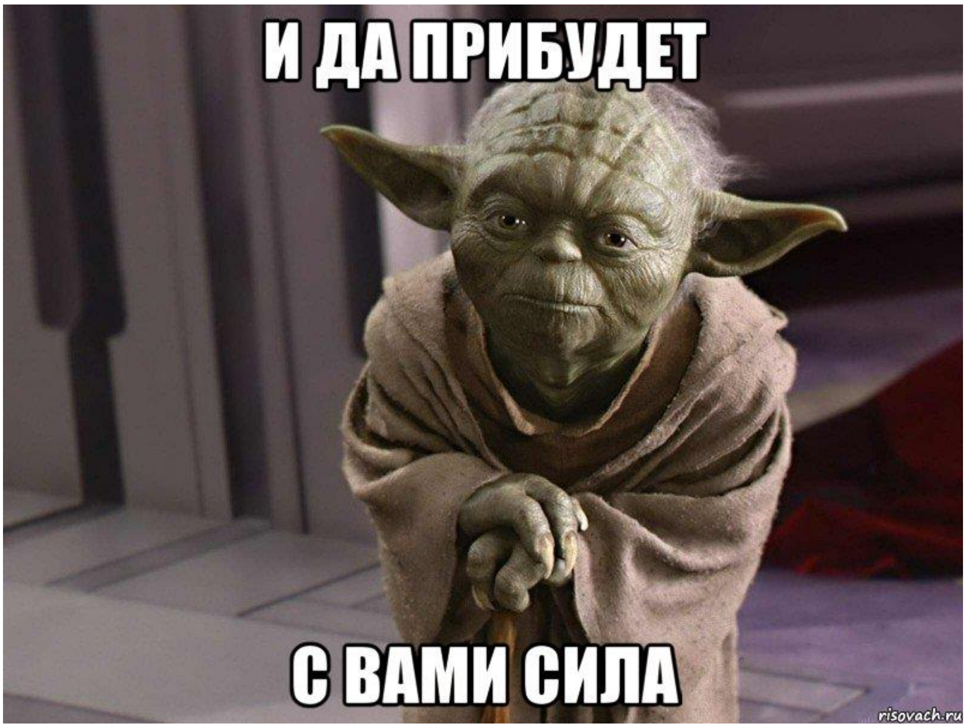
$$x = \pm x_0 \pm v_{ox} t \pm \frac{g_x t^2}{2};\ y = \pm y_0 \pm v_{oy} t \pm \frac{g_y t^2}{2};\ v_x = \pm v_{0x} \pm g_x t;\ v_y = \pm v_{oy} \pm g_y t$$

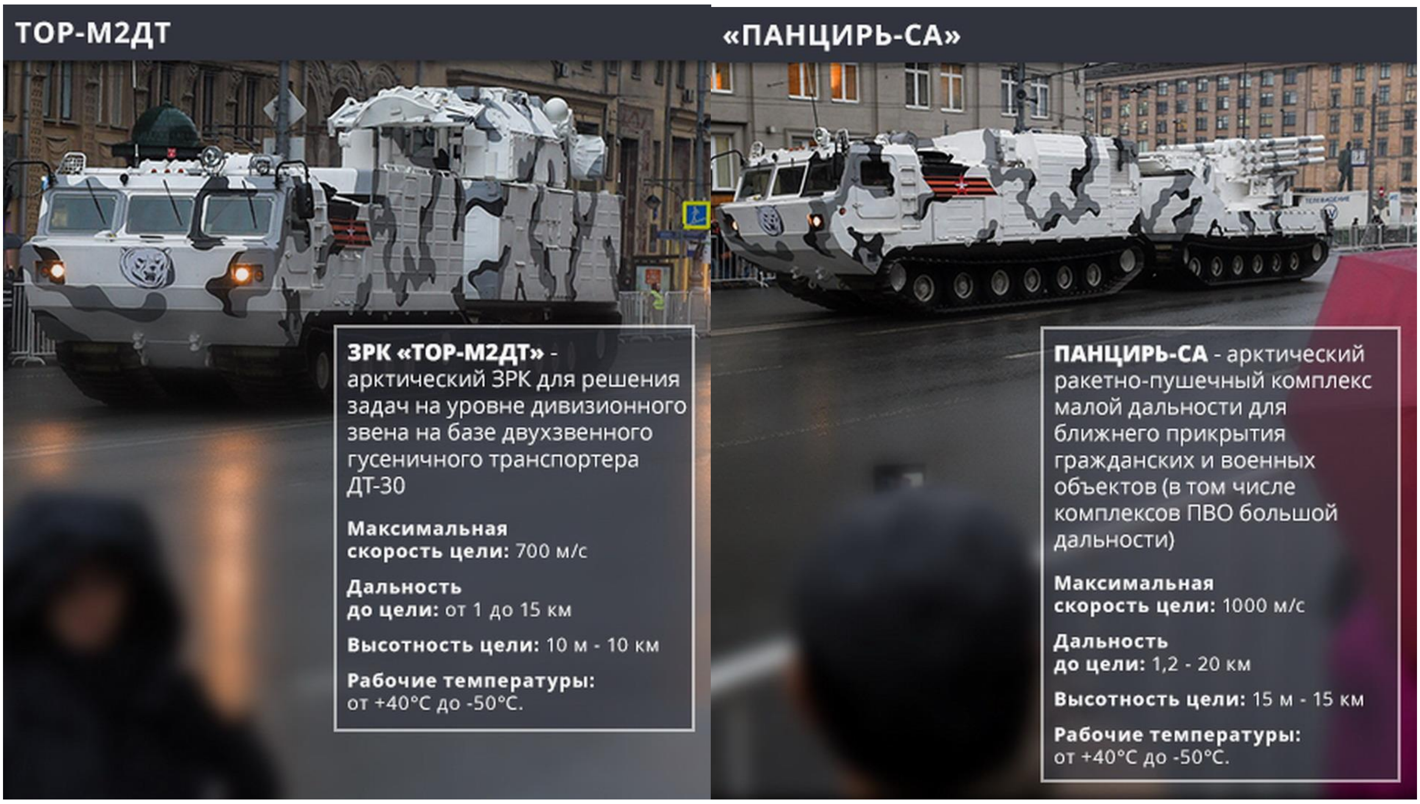
- Гуляют два теоретика в лесу. Встречают медведя. Первый побежал, второй остался.
  — Побежали! — кричит первый второму.
  — Зачем? Моя скорость всё равно меньше скорости медведя - говорит второй.
  — Неважно, что твоя скорость меньше скорости медведя, важно, чтобы моя скорость была больше твоей. — отвечает первый.

Страничка будущего вертолётчика

Примета:

Если во время сессии экзаменаторы смеются над твоими ответами — это к армии.





Высказывание:
Студенты — это люди, балансирующие между армией и высшим образованием.

Графики механического движения

Равномерное движение

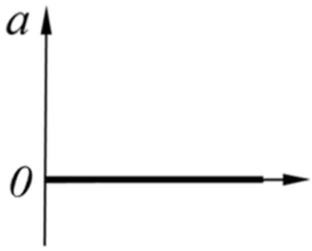


график
ускорения

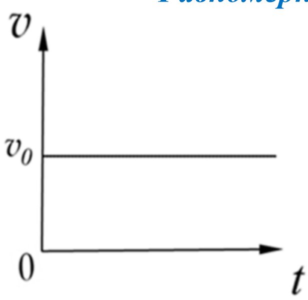


график
скорости

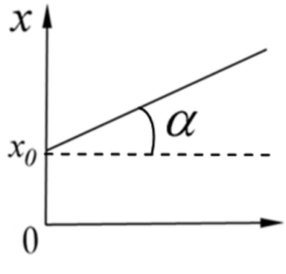


график
изменения координаты

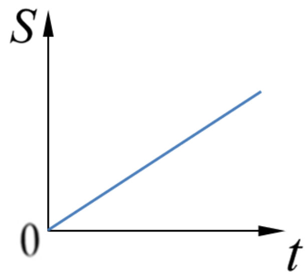


график
пройденного пути

- при равномерном движении скорость тела изменяется по закону $v = const$, а пройденный телом путь $S = vt$.

Равноускоренное движение

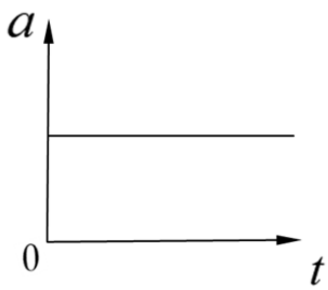


график
ускорения

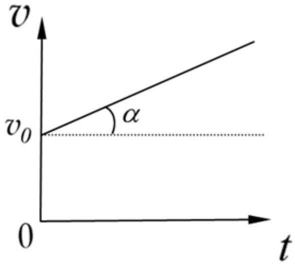


график
скорости

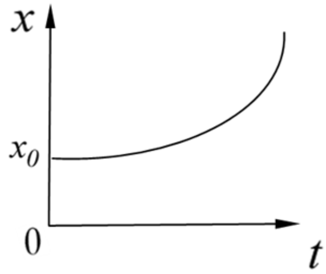


график
изменения координаты

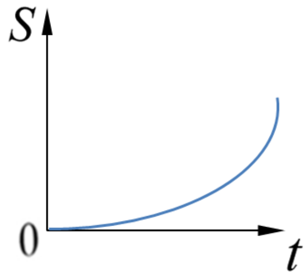


график
пройденного пути

- при равноускоренном движении скорость тела изменяется по закону $v = v_0 + at$, а пройденный телом путь $S = v_0 t + \dfrac{at^2}{2}$

Равнозамедленное движение

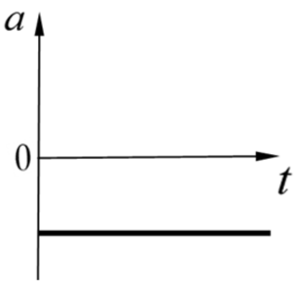


график
ускорения

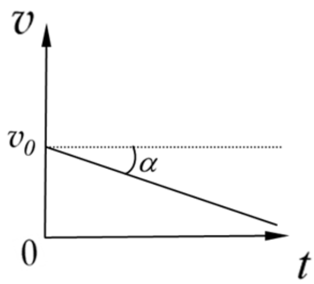


график
скорости

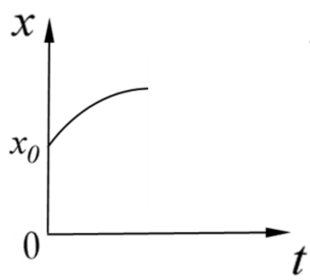


график
изменения координаты

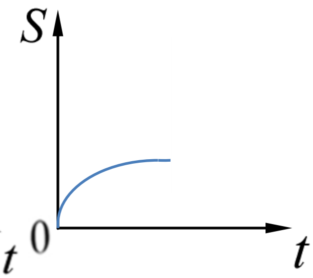


график
пройденного пути

- при равнозамедленном движении скорость тела изменяется по закону $v = v_0 - at$, а пройденный телом путь $S = v_0 t - \dfrac{at^2}{2}$.

Следует помнить отличие в поведении пути S и координаты тела x:

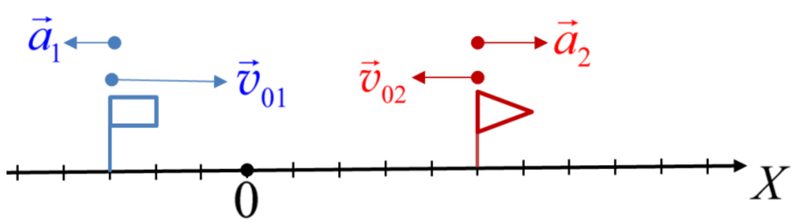
- путь S всегда величина положительная и может только возрастать,
- координата тела может быть положительной, отрицательной и равной нулю, а так же как увеличиваться, так и уменьшаться с течением времени,
- перемещение может как увеличиваться, так и уменьшаться, но быть только положительной величиной. При возвращении тела в исходное положение, перемещение тела будет равно нулю.

По кинематике материальной точки чаще всего встречаются задачи на следующие темы:

1. на составление уравнений прямолинейного движения,
2. на составление уравнений движения точки по окружности,
3. на определение средней скорости,
4. по кинематике сложного движения,
5. по кинематике относительного движения.

По кинематике материальной точки чаще всего встречаются задачи на составление уравнений

поступательного движения



вращательного движения

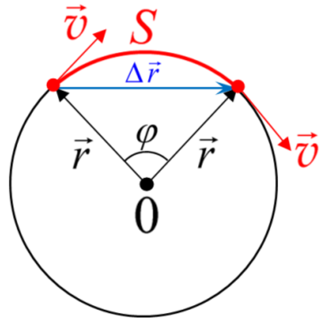


СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

1. Сделайте рисунок к задаче для начального момента времени, на котором отметьте начальные координаты тел и направления векторов их начальных скоростей и ускорений (начало координат обычно помещают в начальной точке движения тела или одного из тел. При выборе направлений координатных осей следует учитывать направление векторов перемещений, скоростей и ускорений тел).
2. Затем сделайте аналогичные рисунки для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.
3. Запишите уравнения движения для каждого тела в проекциях на оси координат сначала в общем виде по рисунку для начального момента времени, а затем по рисункам для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи:

$$\begin{cases} x = \pm x_0 \pm v_{ox}t \pm \dfrac{a_x t^2}{2} \\ y = \pm y_0 \pm v_{oy}t \pm \dfrac{a_y t^2}{2} \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} v_x = \pm v_{ox} \pm a_x t \\ v_y = \pm v_{oy} \pm a_y t \end{cases}, \qquad (1)$$

где x_0 - начальная координата тела на ось OX,

v_{ox} и a_x - проекции начальной скорости и ускорения тела на ось OX.

(аналогичные проекции на ось на ось OY).

При записи уравнений системы (1) необходимо помнить, что если вектор скорости и ускорения направлены в положительном направлении оси, то их проекции в уравнениях (1) имеют знак плюс, если же они направлены в противоположную сторону оси, то их проекции имеют знак минус.

При необходимости систему уравнений (1) можно дополнить следующими уравнениями связи:

$$v^2 - v_0^2 = 2aS$$ - если движение тела равноускоренное,

$$v^2 - v_0^2 = -2aS$$ - если движение тела равнозамедленное.

где v_0 - начальная скорость тела, v - конечная скорость тела,

a - ускорение тела, S - пройденный телом путь.

4. Решите полученную систему уравнений и найдите решение задачи в общем (т.е. в буквенном виде).

5. Подставьте в окончательное уравнение числовые значения заданных в условии задачи величин.

При решении задач по кинематике материальной точки, рекомендуется применять именно вышеуказанную схему решения задач. В крайнем случае, можно применять следующие уравнения:

- при равномерном движении $v = const$ и $S = vt$,

- при равноускоренном движении $v = v_0 + at$ и $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$,

- при равнозамедленном движении $v = v_0 - at$ и $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$.

Внимательно читайте условие задачи:

- если сказано, что тело покоится или начинает двигаться, то его начальная скорость $v_0 = 0\frac{м}{с}$.

- если сказано, что тело движется равномерно и прямолинейно, то его ускорение $\vec{a} = 0\frac{м}{с^2}$.

- если брошенное вверх тело достигло максимальной высоты, следовательно, его скорость в этот момент равна нулю $v = 0$.

- если брошенное под углом к горизонту тело достигло максимальной высоты, следовательно, его вертикальная составляющая скорости в этот момент $v_y = 0$ и мгновенная скорость тела $\vec{v}$ направлена горизонтально.

- если дано уравнение типа $x = \left(2 + 4t - 3t^2\right)м$, то из сравнения этого уравнения с уравнением движения в общем виде $x = \pm x_0 \pm v_{ox} t \pm \frac{a_x t^2}{2}$, можно найти, что начальная координата тела $x_0 = 2м$, проекция начальной скорости тела по оси OX: $v_{ox} = 4\frac{м}{с}$, а проекция ускорения тела на ось OX: $a_x = -6\frac{м}{с^2}$.

Химик, физик, математик и филолог получили задание измерить высоту башни с помощью барометра.

1. Химик измерил давление у подножия башни и на крыше и выяснил, что ее высота от 0 до 100 метров.
2. Физик сбросил барометр с крыши, замерил время падения и вычислил, что высота башни от 60 до 70 метров.
3. Математик измерил высоту барометра, длину тени барометра и длину тени башни, сосчитал тангенс угла и выяснил, что высота башни от 63 до 64 метров.
4. Филолог продал барометр, напоил на вырученные деньги сторожа, и тот рассказал ему, что высота башни 63 метра 40 сантиметров.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ

1. Сделайте рисунок к задаче, на котором отметьте начальное положение материальной точки и направление её векторов скорости и ускорений.
2. Затем сделайте аналогичные рисунки для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.
3. Запишите уравнения вращательного движения сначала в общем виде по рисунку для начального момента времени, а затем по рисункам для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи: $\varphi = \pm\varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \dfrac{\varepsilon t^2}{2}$ и $\omega = \pm\omega_0 \pm \varepsilon t$.
4. При необходимости запишите уравнения связи между угловыми и линейными величинами, характеризующими кинематику материальной точки: $S = \varphi r$; $v = \omega r$;

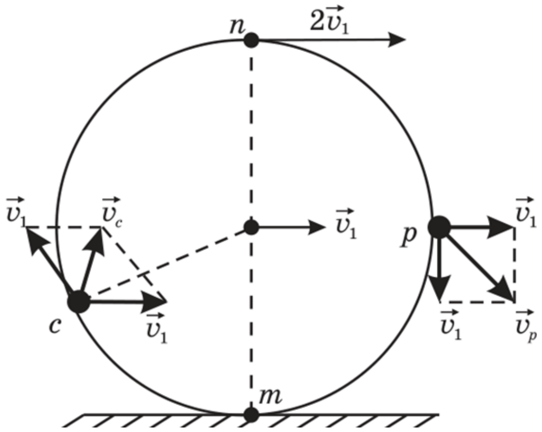
$$a_{цс} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v; \quad \varphi = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n.$$

5. Решите полученную систему уравнений и найдите решение задачи в общем (т.е. в буквенном виде). Проверьте размерность полученного равенства.
6. Подставьте в окончательное уравнение числовые значения, предварительно переведя их в одну и ту же систему единиц.

Если рассматривается движение колеса, то скорости различных точек колеса имеют в общем случае разные значения и направления (см. рис). При этом следует помнить, что:

- все точки колеса имеют одинаковую угловую скорость ω, период T и частоту вращения n относительно оси колеса, но разную линейную скорость $\vec{v}$. Чем ближе точка к центру колеса, тем меньше её скорость

$$v = \omega r.$$



Если колесо без проскальзывания катится равномерно по поверхности дороги со скоростью v, то скорость оси колеса равна v,

- мгновенная скорость точки колеса соприкасающейся с дорогой (точка m) равна нулю,
- скорость верхней точки колеса (точка n) равна

$$v_n = 2v,$$

- мгновенную скорость любой точки обода колеса (точка c) можно найти по теореме косинусов.

Что такое "пи"?
Математик: Пи — это число, равное отношению длины окружности к ее диаметру.
Физик: Пи — это 3.1415927 ± 0.0000005
Инженер: Пи — это что-то около 3.

Страничка будущего лётчика

ПАК ФА Т-50

B-2 «Спирит»

Су-37 "Терминатор"

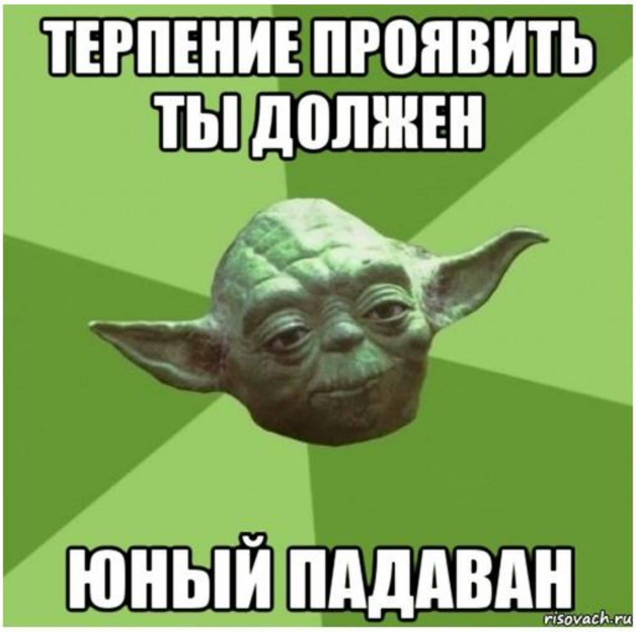





Испорченный телефон

Полковник — своему заместителю:
— Завтра в 10-00 произойдет солнечное затмение, что случается не каждый день. Весь личный состав построить рядом с казармой, чтобы все могли наблюдать! Если будет дождь — построение в спортзале.
Заместитель — капитану:
— Завтра в 10-00 солнечное затмение. Если пойдет дождь, то дождь можно наблюдать снаружи казармы, а затмение будет происходить в спортзале, что случается не каждый день.
Капитан — лейтенанту:
— По приказу полковника завтра в спортзале будет проведено солнечное затмение. Если пойдет дождь — все пойдут на улицу.
Лейтенант — сержанту:
— Завтра полковник проводит в спортзале солнечное затмение, что теперь будет происходить каждый раз, когда идет дождь.
Сержант — солдатам:
— Завтра все увольнительные отменяются из-за затмения полковника от солнца. Если дождь пойдет в спортзале, что случается не каждый раз, всем построиться рядом с казармой.

ДИНАМИКА



Да пребудет с тобой сила $\vec{F}$

Для описания взаимодействия одного тела на другое вводят понятие силы $\vec{F}$.

Силой называется векторная величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело других тел или физических полей и характеризующая величину и направление этого воздействия.

Под действием силы тело может:

- деформироваться (статическое проявление силы),
- приобретать ускорение (динамическое проявление силы).

Массой тела m называется скалярная величина, характеризующая инертные и гравитационные свойства тела.
Масса тела – ***величина аддитивная*** (то есть масса тела равна сумме масс всех его частей).

Закон сохранения массы

Масса механической системы не изменяется при любых процессах, происходящих в этой системе.

Явление инерции

Их опыта известно, что любое тело «сопротивляется» попытке изменить его скорость. Ни какое тело нельзя мгновенно разогнать до какой-либо скорости, и нельзя мгновенно остановить. Всегда приходится потратить какое-то время и приложить определённые усилия, чтобы это сделать. Это свойство тел назвали инертностью.

***Инертностью** называется физическое свойство тел, заключающееся в том, что любое тело оказывает сопротивление попытке изменить его скорость.*

Чем инертнее тело, тем труднее его разогнать или остановить.

Опыт показывает, что если на тело не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано, то тело будет находиться в состоянии покоя или двигаться равномерно и прямолинейно. В этом случае говорят, что тело ***движется по инерции***.

***Инерцией** называется способность тел сохранять свою скорость неизменной, если на него не действуют другие тела или их действие скомпенсировано*.

Например:

- футбольный мяч лежит на поле. Он покоится, потому что все силы, действующие на него, скомпенсированы: сила тяжести компенсируется силой реакции опоры со стороны поля. Таким образом, сам мяч не изменит свою скорость и не начнёт двигаться, пока на него не подействуют другие тела. Ударом ноги футболист приводит его в движение;

- пуля, вылетевшая из ружья, продолжала бы двигаться равномерно и прямолинейно, если бы при движении на неё не действовали бы сопротивление воздуха и сила тяжести. Поэтому, на самом деле, скорость пули уменьшается по величине и меняет своё направление;

- велосипедист, перестав работать педалями, смог бы сохранить скорость своего движения, если бы на велосипед не действовало трение со стороны дороги и сопротивление воздуха, и тому подобное.

Принцип инерции Галилея

Изучая движения тел при максимальном уменьшении сил трения, Галилей опытным путём установил интересный факт, который в науке назвали ***принципом инерции Галилея***:

если на тело не действуют другие тела или действие других тел скомпенсировано, то тело сохраняет состояние покоя либо движется равномерно и прямолинейно.

Системы отсчёта, в которых выполняется принцип инерции Галилея, называются *инерциальными системами отсчёта*.

Таким образом:

***инерциальная система отсчета** – это система отсчета, в которой тело, не взаимодействующее с другими телами, сохраняет состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения.*

Из кинематики Вы помните, что понятия «движение» и «покой» относительны и зависят от выбора системы отсчета. Поэтому в инерциальных системах отсчета состояния покоя и равномерного прямолинейного движения эквивалентны и взаимозаменяемы.

Наблюдения показывают, что к инерциальным системам отсчёта относятся системы, которые движутся без ускорения (то есть, либо сами покоятся, либо движутся равномерно и прямолинейно).

Если же система отсчёта движется с ускорением, то в ней принцип инерции Галилея не выполняется. Такие системы отсчёта назвали ***неинерциальными***.

Примером неинерциальной системы отсчёта является автобус в момент разгона или резкого торможения. По своему опыту Вы знаете, что при резком торможении автобуса, пассажиры, которые до этого покоились относительно автобуса, вдруг начинают по инерции двигаться вперёд по направлению движения автобуса. То есть, они изменили своё состояние покоя, хотя никто на них не действовал.

Обычно в качестве инерциальной системы отсчёта принимают поверхность Земли, несмотря на то, что Земля вращается вокруг своей оси, и, следовательно, любая точка её поверхности имеет центростремительное ускорение. Вычисления показывают, что величина этого ускорения очень мала, поэтому в подавляющем большинстве случаев поверхность Земли при расчётах можно считать инерциальной системой отсчёта.

Принцип относительности Галилея

В основе изучения различных законов природы лежит один из фундаментальнейших принципов, установленных экспериментальным путём, который получил название ***принципа относительности Галилея***:

любое механическое явление при одних и те же начальных условиях протекает совершенно одинаково в любой инерциальной системе отсчёта.

Это означает, что при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой все математические формулы, описывающие законы механики, не меняются и все механические явления в природе протекают совершенно одинаково.

Если бы этот принцип не выполнялся, то заниматься наукой было бы бессмысленно, потому что в разных точках Земли и в разное время, одно и то же явление проявлялось бы по-разному и описывалось разными уравнениями. Тогда ни о каком технологическом развитии человечества не было бы и речи, и мы не имели бы всего того, что окружает нас в современном мире.

Не подведи нас, *юный физик*! Ты наша надежда!!!

Встречаются как-то два студента. Один у другого спрашивает:

— Слушай, почему у поезда колеса круглые, а когда он едет, они стучат?

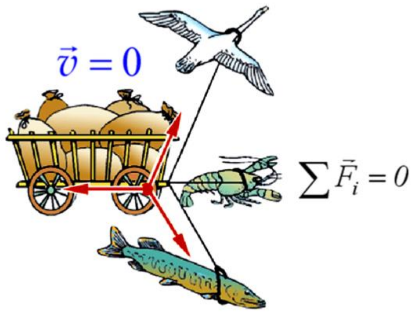
— Это элементарно. Формула площади круга — πR^2, так вот этот квадрат как раз и стучит.

Законы Ньютона

(4 января 1643 г. – 31 марта 1727 г.)

Первый закон Ньютона (закон инерции):

В инерциальной системе отсчёта тело находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно, если векторная сумма всех сил, действующих на тело равна нулю.



Физический смысл первого закона Ньютона:

1. он «говорит» о том, когда тело движется без ускорения,

то есть $\vec{a} = 0$, если $\sum \vec{F}_i = 0$;

2. он «вводит» в рассмотрение понятие инерциальной и неинерциальной систем отсчёта.

Инерциальная система отсчёта - это система отсчёта, которая движется без ускорения

(то есть $\vec{a} = 0$).

Неинерциальная система отсчёта - это система отсчёта, которая движется с ускорением

(то есть $\vec{a} \neq 0$).

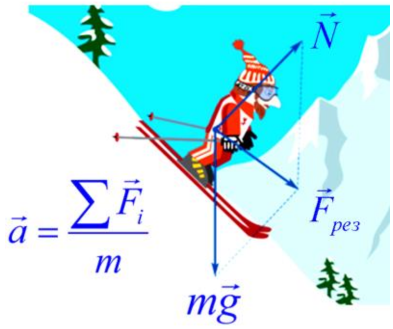
Обычно, при решении задач, в качестве инерциальной системы отсчета выбирают поверхность Земли.

Следует помнить, что законы Ньютона справедливы только для инерциальных систем отсчёта.

Второй закон Ньютона

(основное уравнение динамики поступательного движения):

В инерциальной системе отсчёта векторная сумма всех сил, действующих на тело, равна произведению массы этого тела на сообщённое ему ускорение.



$$\sum \vec{F}_i = m\vec{a} \quad \text{или} \quad \vec{F}_{рез} = m\vec{a}$$

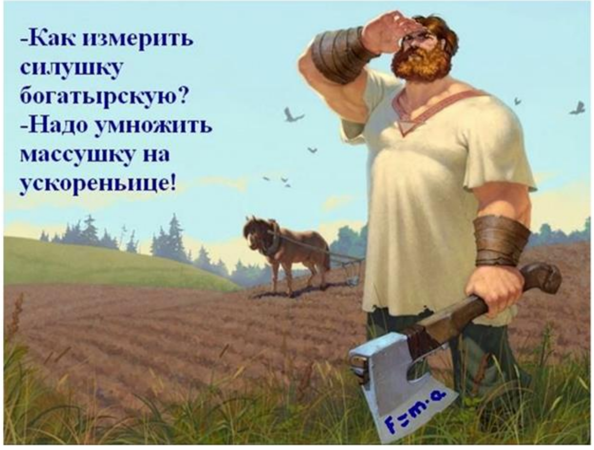
где $\vec{F}_{рез} = \sum \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_1 + \ldots + \vec{F}_n$ - результирующая (или равнодействующая) всех сил, действующих на тело.

Физический смысл второго закона Ньютона:

1. Он говорит о том, когда тело движется с ускорением, то есть $\vec{a} \neq 0$, если $\sum \vec{F}_i \neq 0$,

2. из векторного характера второго закона Ньютона $\vec{F}_{рез} = m\vec{a}$ следует, что ускорение тела всегда сонаправлено с результирующей всех сил, действующих на тело.

3. вводит размерность силы $\left[F\right] = \dfrac{кг \cdot м}{с^2} \equiv Н$, Ньютон



СИЛА ЕСТЬ

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

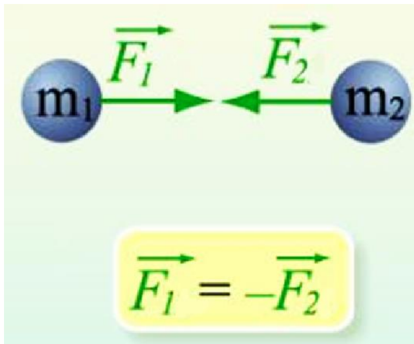
$m\vec{a}$ **не надо**

Выгнали как-то студента БГТУ за неуспеваемость, и пошёл он с горя в духовную семинарию. По привычке заснул на очередной лекции. По ходу лекции подходит к нему батюшка и спрашивает:

— Итак, скажите мне отрок, что такое Божественная сила?

Студент сквозь сон, не открывая глаза:

— Это, батюшка, божественная масса на божественное ускорение.



Третий закон Ньютона

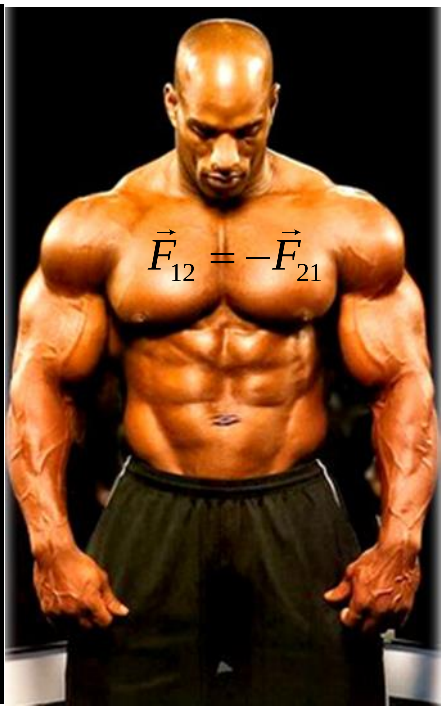
(закон действия и противодействия):

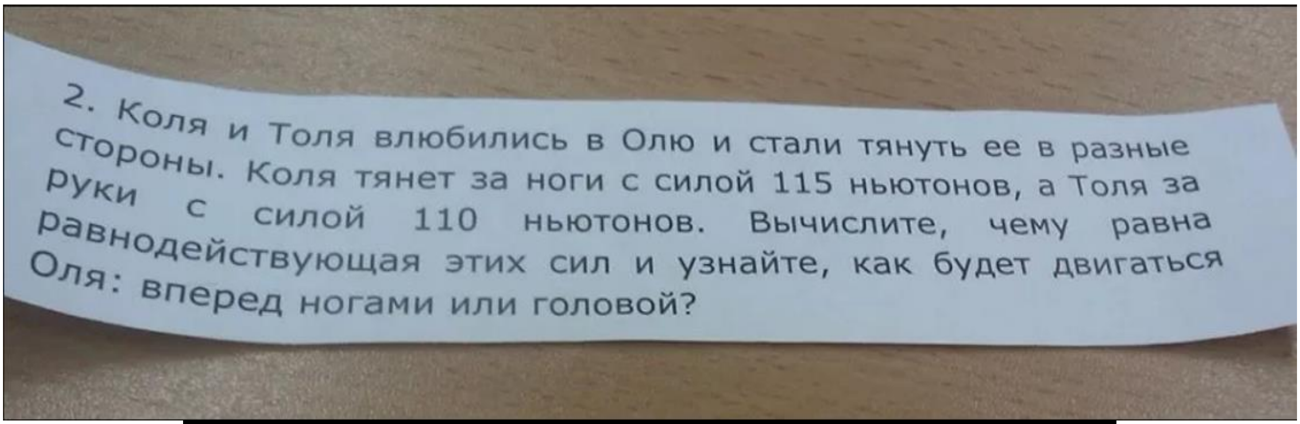
Тела действуют друг на друга с силами равными по величине и противоположными по направлению:

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

Физический смысл третьего закона Ньютона:

1. он «говорит» о том, что сила есть результат взаимодействия тел;
2. что силы всегда возникают парами, они всегда одинаковой природы, равны по величине, приложены к разным телам и противоположно направлены.



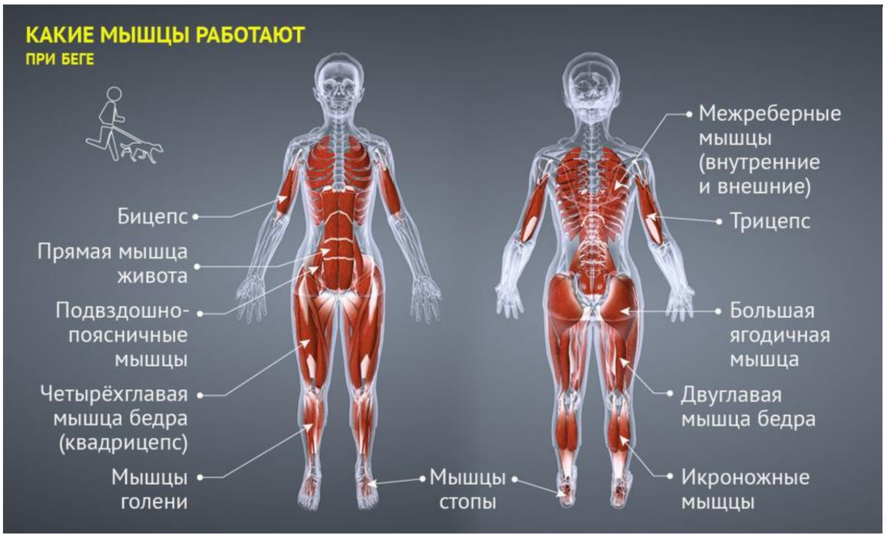


2. Коля и Толя влюбились в Олю и стали тянуть ее в разные стороны. Коля тянет за ноги с силой 115 ньютонов, а Толя за руки с силой 110 ньютонов. Вычислите, чему равна равнодействующая этих сил и узнайте, как будет двигаться Оля: вперед ногами или головой?

Где пёс?

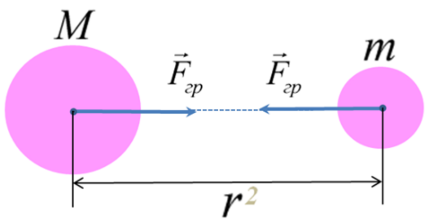
Силы в механике

— В чем сила, брат?
— В деньгах.
— Вот и мой брат говорит, что в деньгах! А сила — она в ньютонах!



Занимайся спортом, спорт – это сила F

Сила гравитации $F_{грав}$ (это сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками)

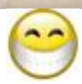


$F_{грав} = G\dfrac{Mm}{r^2}$ - **Закон Всемирного тяготения**,

где M и m - массы материальных точек, *кг*,

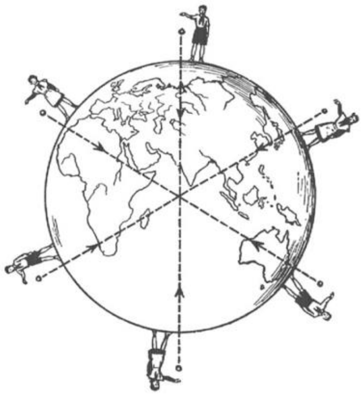
$G = 6.67 \cdot 10^{-11}\,\dfrac{Н \cdot м^2}{кг^2}$ - гравитационная постоянная;

r - расстояние между материальными точками, *м*.



В студенческой столовой.
- Мне три вторых.
- А корень из минус трех не хочешь?

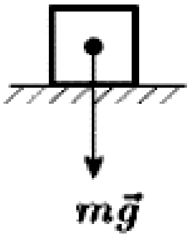
Сила тяжести $F_{тяж}$ (это сила, с которой гравитационное поле Земли притягивает к себе тело)



$$\vec{F}_{тяж} = m\vec{g},$$

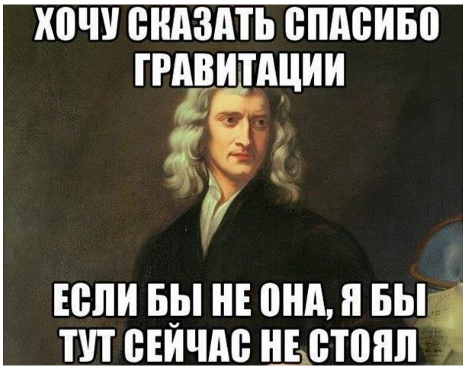
где m - масса тела, *кг*,

$$g = 9.81\frac{м}{с^2}$$ - ускорение свободного падения.



Особенность $\vec{F}_{тяж}$:

- сила тяжести приложена к центру тяжести тела и направлена всегда вертикально вниз.



Высказывание:

Земля вращается благодаря тому, что по ней ходят люди (шутка из дурдома) 

Метки: происшествия, самолет, Чусовской район

15:03 Военная прокуратура не знает о падении истребителя

Военная прокуратура отказывается давать комментарии по факту падения истребителя в Чусовском районе.

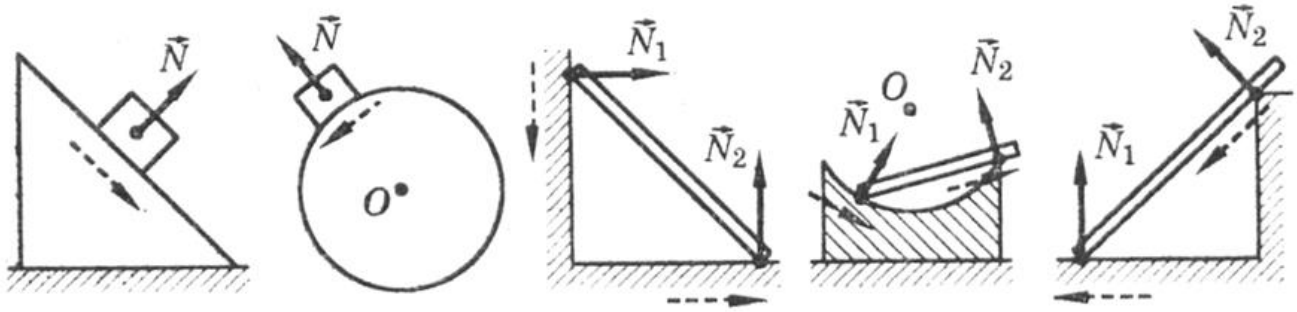
«Я ничего не знаю», - ответил заместитель военного прокурора Пермского гарнизона Павел Градов на просьбу корреспондента 59.ru разъяснить ситуацию.

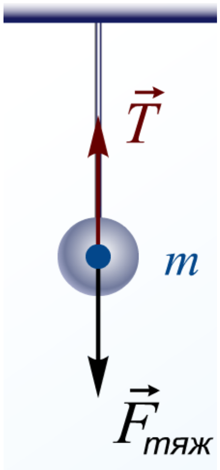
Как сказал прокурор Чусовского района Андрей Делиев, «самолет упал по причине силы тяжести, так как машина тяжелее воздуха». Однако прокурор отметил, что на данный момент он не владеет достоверными данными о случившемся.

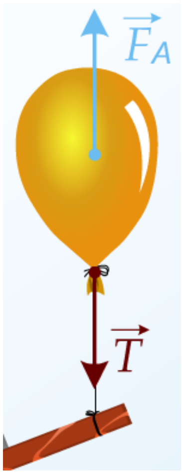
Напомним, сегодня днем недалеко от деревни Денисовка потерпел крушение военный истребитель. По предварительным данным, пилоты успели катапультироваться в районе Троицы, они живы.

Пять баллов по физике

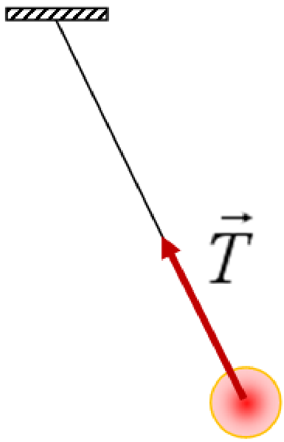
Сила реакции опоры $\vec{N}$ (эн) (сила, с которой опора действует на тело)
Особенность: - приложена к телу и направлена перпендикулярно поверхности соприкосновения,
- величина $\vec{N}$ находится из законов Ньютона.







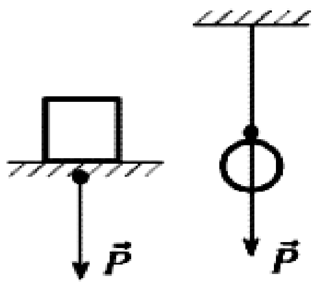
Сила натяжения нити $\vec{T}$ (тэ) (это сила, с которой нить или подвес действуют на тело)
Особенность: - сила натяжения нити приложена к телу и направлена от тела вдоль нити,
- величина силы натяжения нити T возникает при натяжении нити и зависит от характеристик движения тела,
- величина T находится из законов Ньютона.



Вес тела $\vec{P}$ (это сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле давит на опору или растягивает подвес).

Особенность: - вес приложен к опоре или подвесу,
- величина веса тела зависит от характеристик движения тела,
- вес тела находится из законов Ньютона

(по третьему закону Ньютона $\vec{P} = -\vec{N}$ или $\vec{P} = -\vec{T}$).



По законам физики наибольшее притяжение к земле тело имеет над диваном.

Невесомость

Невесомостью *называется явление исчезновения веса тела при движении опоры с ускорением свободного падения.*
Состояние невесомости наблюдается, например, в космическом корабле при его движении вокруг Земли, так как это движение представляет собой непрерывное падение с ускорением свободного падения $\vec{g}$.

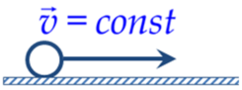
Перегрузка

При ускоренном движении тела и опоры с ускорением, направленным вертикально вверх, вес тела оказывается больше действующей на него силы тяжести.
Перегрузкой *называется явление увеличения веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса.*
Действие перегрузки испытывают на себе космонавты как при взлёте космической ракеты, так и на участке торможения корабля при входе в плотные слои атмосферы.

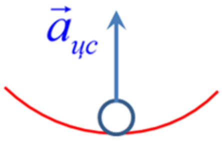
Некоторые частные случаи определения веса тела

$P = mg$

если $\vec{v} = const$
опора горизонтальна

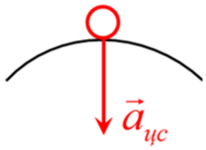


$P = m(g - a)$ $\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{g}$
$\vec{a}$ направлено вверх

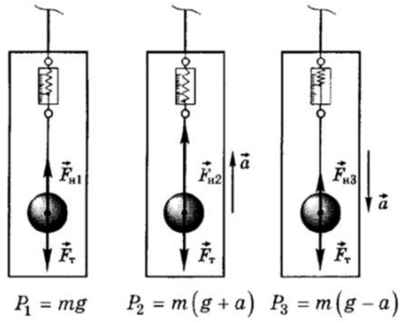


В нижней точке вогнутого моста

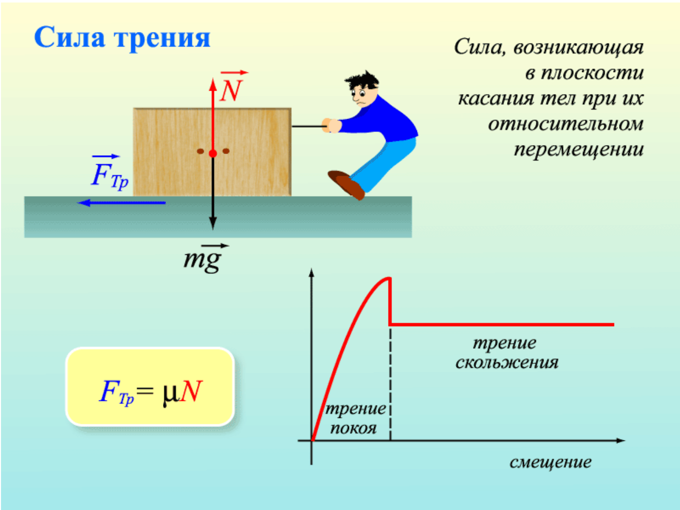
$P = m(g - a)$ $\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{g}$
$\vec{a}$ направлено вниз



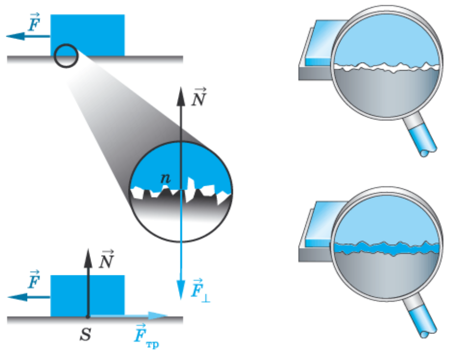
В верхней точке выпуклого моста



Силы трения

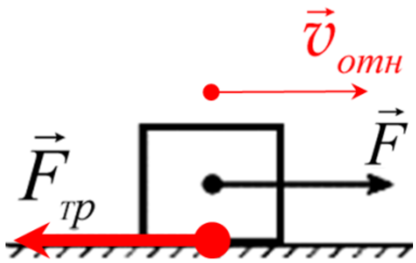


Силы трения возникают из-за шероховатостей на поверхностях соприкасающихся тел. Для уменьшения сил трения между телами применяют смазки, которые заменяют сухое трение на вязкое (см. рисунок).



Различают следующие виды сухого трения:

- ***Сила трения скольжения*** $\vec{F}_{тр}$ (это сила, возникающая между поверхностями соприкасающихся тел при их движении относительно друг друга и направленная в противоположную сторону вектора относительной скорости тела).



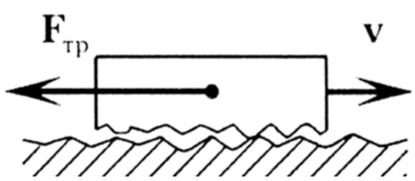
$$F_{тр} = \mu N ,$$

где μ (мю) - коэффициент трения скольжения, безразмерная,

N - сила реакции опоры, $Н$

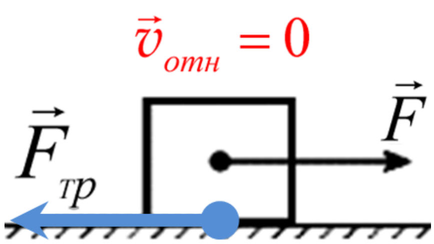
Следует помнить, что:

- величина силы трения скольжения не зависит от площади опоры, то есть если тело повернуть на другую грань, то сила трения по величине не изменится,



- сила трения скольжения равна $F_{тр} = \mu mg$ только если тело движется по горизонтальной поверхности. В общем случае необходимо сначала определить силу реакции опоры N из законов Ньютона, а уже потом определить силу трения скольжения

- ***Сила трения покоя*** $\vec{F}_{тр.пок}$ (это сила, возникающая между поверхностями соприкасающихся тел при попытке сдвинуть одно тело по поверхности другого и направленная в противоположную сторону возможного движения тела, то есть, если бы $\vec{F}_{тр.пок}$ не было).



Особенность:

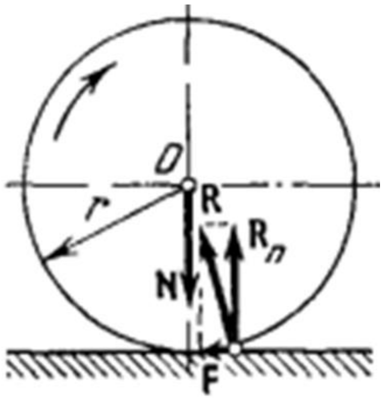
- величина переменная и может изменяться в пределах $0 \le F_{тр.пок} \le F_{тр}^{мах} = \mu N$,
- величина $F_{тр.пок}$ находится из первого закона Ньютона.

Одной из причин возникновения силы трения является шероховатость поверхностей соприкасающихся тел. Другая причина трения - взаимное притяжение молекул соприкасающихся тел.

Таблица 8 **Коэффициент трения покоя и скольжения для некоторых пар материалов**

Материал	$\mu_п$	μ	*Материал*	$\mu_п$	μ
Лед — лед	0,05—0,15	0,02	Сталь — сталь	0,6	0,4
Кожаная обувь — лед	0,1	0,05	Кожаная обувь — ковер	0,6	0,5
Сталь — лед	0,1	0,05	Автошина — мокрый бетон	0,7	0,5
Автошина — лед	0,3	0,02	Стекло — стекло	0,9	0,7
Кожаная обувь — дерево	0,3	0,2	Резиновая обувь — дерево	0,9	0,7
Дерево — дерево	0,5	0,5	Автошина — сухой бетон	1,0	0,8
Резина — асфальт	0,6	0,4	Обувь альпиниста — скала		

- ***Сила трения качения*** $\vec{F}_{тр.кач}$ (это сила, возникающая между поверхностями соприкасающихся тел при качении одного тела по поверхности другого и направленная в противоположную сторону вектора относительной скорости тела).

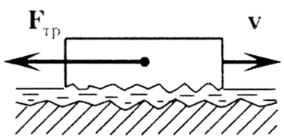


$$F_{тр.кач} = \mu_k \frac{N}{r},$$

где μ_k (мю ка) - коэффициент трения качения, $м$, метр (величина табличная, зависящая от материалов соприкасающихся тел и состояния их поверхности)

N - сила реакции опоры, $Н$

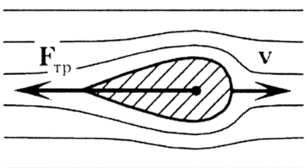
Сила сопротивления $\vec{F}_c$ (это сила, возникающая при движении тела в жидкости или газе и направленная в противоположную сторону вектора относительной скорости тела).



б

- если относительная скорость тела много меньше скорости звука в данной среде, то есть $v << v_{звука}$, то:

$$F_c = \alpha v$$



- - если относительная скорость тела приблизительно равна скорости звука в данной среде, то есть $v \approx v_{звука}$, то:

$$F_c = \beta v^2$$

- если относительная скорость тела много больше скорости звука в данной среде, то есть $v >> v_{звука}$, то:

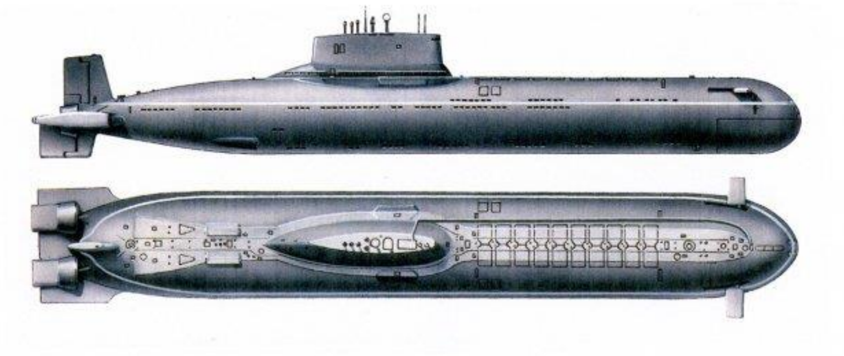
$$F_c = \gamma v^3 ,$$

где α, β и γ - коэффициенты, зависящие от формы тела.



Таблица
коэффициентов лобового сопротивления

	тело	C_x
	диск	1,11
	полусфера	1,35...1,40
	полусфера	0,30...0,40
	шар	0,4
	каплевидное	0,045
	каплевидное	0,1

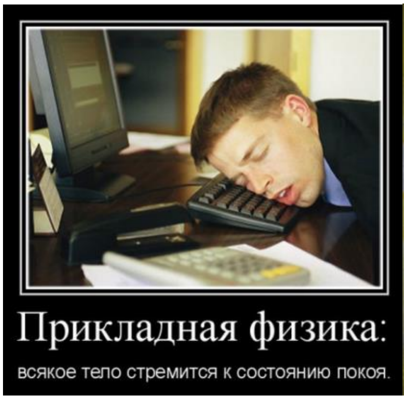


Трение – наш друг и враг?

Что такое трение?
Трение – явление.
Враг оно нам или друг?
Это знают все вокруг:
Если б трение пропало,
Что б со всеми нами стало?
Мы ходить бы не смогли,
Оттолкнувшись от Земли.

Если б взял ты что-то вдруг,
Оно выпало б из рук.
Помогает трение
Начинать движение
Всем машинам, тракторам,
Мотоциклам, поездам.
Ну а также тормозить
И их всех остановить.

Очень нужно тренье нам
Всем растеньям и зверям!
Но притом приносит вред
И немало разных бед:
В станках, приборах трутся части –
И это главное несчастье.
Ну а все автомашины
Быстро снашивают шины!
И поэтому вопрос
Не настолько уж и прост:
Тренье – друг нам или враг?
Ответ двоякий: так и так!



Поработал? Отдохни

МОЗГОломка №1 «Переправа»

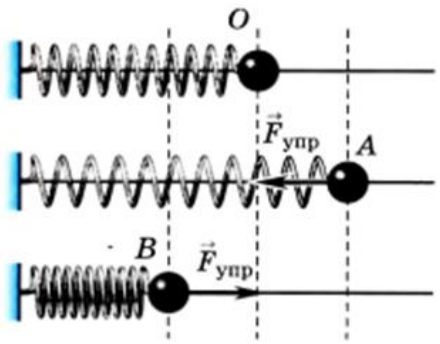
Советская головоломка. Внимательно рассмотри эту картинку и попытайся ответить на следующие вопросы:

1. Раннюю весну или позднюю осень изображает рисунок?
2. На север или на юг летят журавли?
3. Судоходна ли эта река?
4. В каком направлении течет река: на юг, север, запад или восток?
5. Какое время дня изображено на рисунке?
6. Далеко ли отсюда железная дорога?
7. Есть ли поблизости мост через реку?
8. Глубока ли река возле берега, у которого стоит лодка?

Ответы на МОЗГОломку №1 ты найдёшь на следующих страницах.

Силы упругости

Сила упругости $\vec{F}_{упр}$ (сила, возникающая при деформации тела).



$F_{упр} = k\,x$ - закон Гука для упругой деформации,

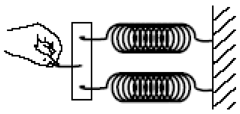
где k (ка)– коэффициент упругости, $\frac{H}{м}$,

x (икс)- величина деформации, $м$.

жесткость системы пружин $k_{общ}$

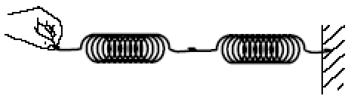
жесткость системы пружин $k_{общ}$

при их параллельном соединении



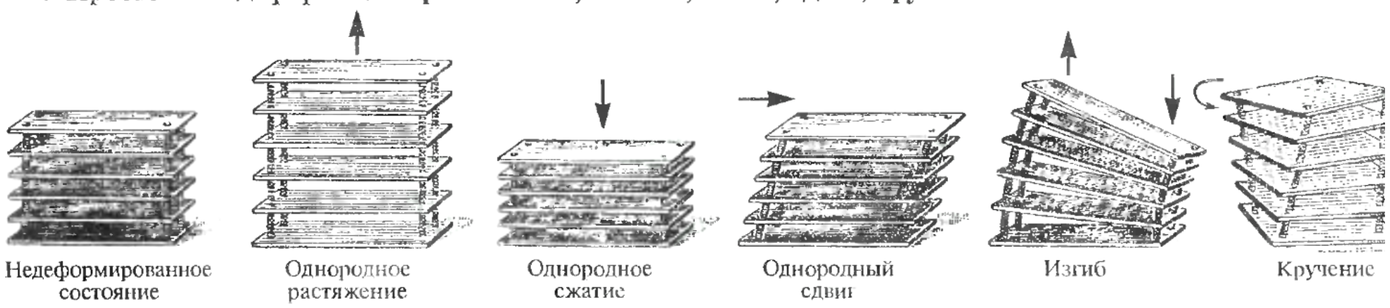
$$k_{общ} = k_1 + k_1 + \ldots + k_n$$

при их последовательном соединении

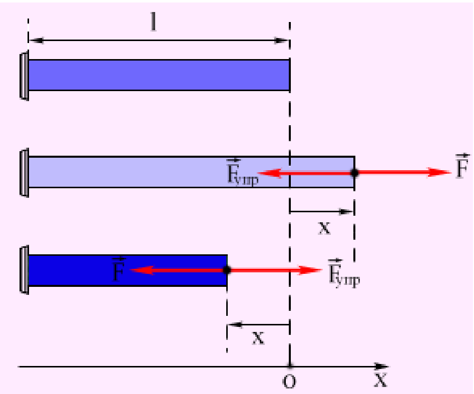


$$\frac{1}{k_{общ}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \ldots \frac{1}{k_n}$$

◆ Простейшие деформации: **растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг, кручение.**



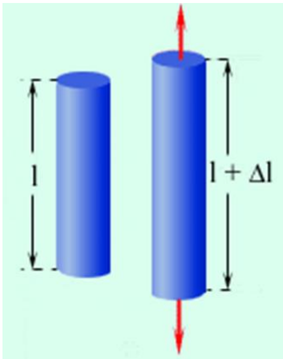
Закон Гука для упругой деформации сжатия-растяжения однородного цилиндрического стержня



$$\sigma = \varepsilon E$$

где $\sigma = \frac{F_{\perp}}{S}$ (сигма) - нормальное напряжение, возникающее в деформированном стержне, $Па$;

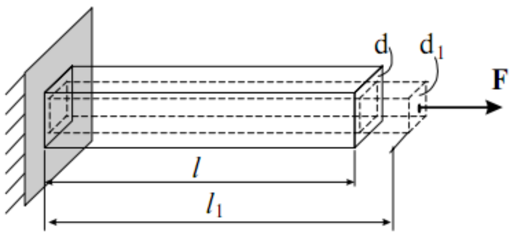
$F_{\perp}$ - перпендикулярная составляющая деформирующей силы, действующей на стержень, H;



S (эс) - площадь поперечного сечения стержня, $м^2$;

E (е) - модуль Юнга (величина табличная), $Па$.

Пример: сталь $E = 210 \cdot 10^9\ Па$; медь $E = 120 \cdot 10^9\ Па$.



Величину деформации характеризует **относительное продольное удлинение** ε (эпсилон):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{l_1 - l}{l},$$

где $\Delta l = l_1 - l$ - абсолютное удлинение (то есть изменение длины стержня при деформации), *м*,

l - начальная длина стержня, *м*,

l_1 - конечная длина стержня, *м*.

Относительное поперечное растяжение ε' (эпсилон штрих): $\varepsilon' = \dfrac{\Delta d}{d} = \dfrac{d_1 - d}{d}$,

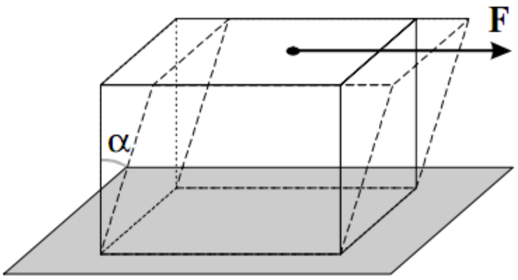
где $\Delta d = d_1 - d$ - абсолютное поперечное растяжение (то есть изменение диаметра стержня при деформации) *м*,

d - начальный диаметр стержня, *м*,

d_1 - конечный диаметр стержня, *м*.

Причём $\varepsilon' = -\mu\varepsilon$, где μ (мю) – коэффициент Пуассона (табличная величина), безразмерная.
Пример: сталь $\mu = 0,2$; медь $\mu = 0,3$.

Закон Гука для упругой деформации сдвига однородного прямоугольного параллелепипеда



$$\tau = \gamma G,$$

где $\tau = \dfrac{F_\tau}{S}$ (тау) - тангенциальное напряжение, *Па*;

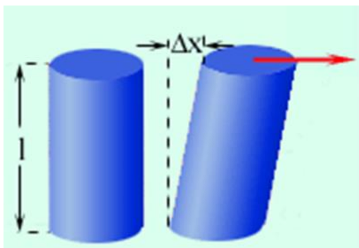
F_τ (эф тау) - касательная составляющая деформирующей силы, действующей на параллелограмм вдоль плоскости сдвига, *Н*;

S - площадь сечения плоскости сдвига параллелограмма, $м^2$;

G (жэ) - модуль сдвига (величина табличная), *Па*.

Пример: сталь $G = 100 \cdot 10^9$ *Па*;

медь $G = 50 \cdot 10^9$ *Па*.



Причём

$$E = 2G(1+\mu).$$

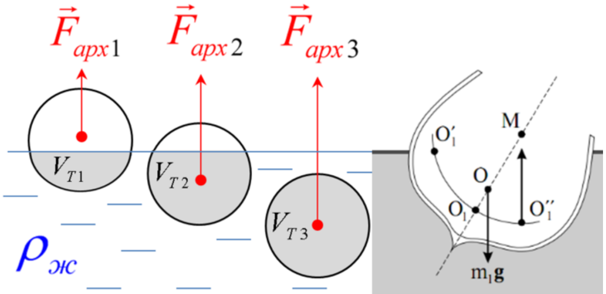
Величину деформации характеризует **относительный сдвиг** γ (гамма):

$$\gamma = tg\alpha,$$

где α - угол сдвига, рад (радиан).

Закон Гука для деформации сдвига

Сила Архимеда $\vec{F}_{арх}$ (это выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и действующая на погружённое в жидкость или газ тело).



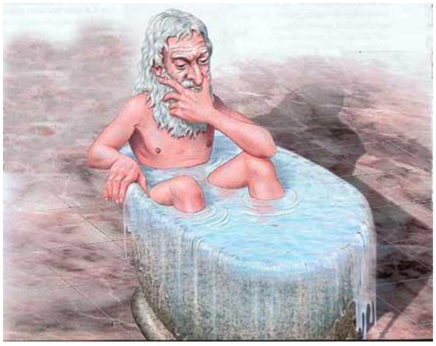
$$F_{арх} = \rho_{ж} g V_T \ ,$$

где $\rho_{ж}$ - плотность жидкости (или газа), $\frac{кг}{м^3}$,

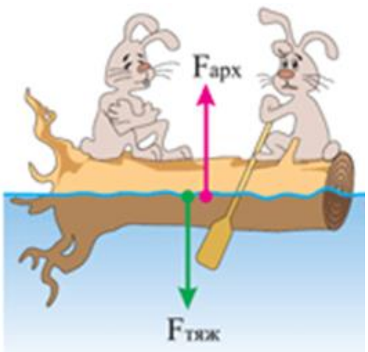
g (жэ)– ускорение свободного падения,

V_T (вэ)- объём погружённой в жидкость части тела, $м^3$.

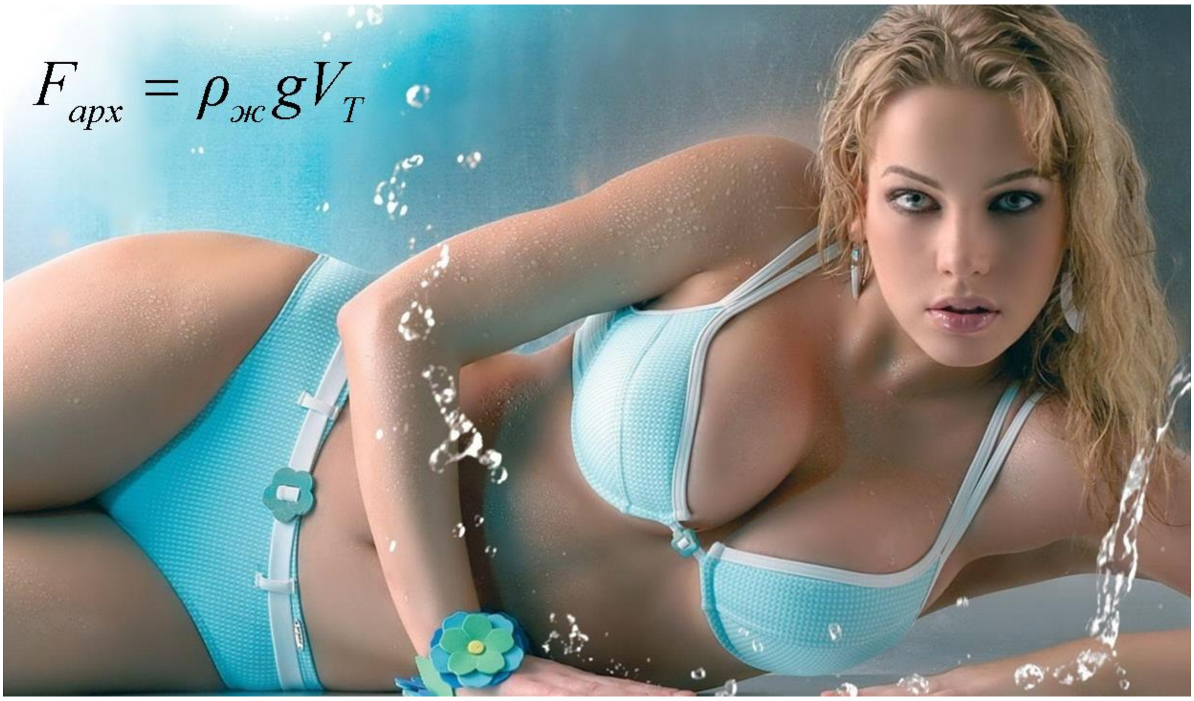
Особенность $\vec{F}_{арх}$: приложена к центру тяжести объёма вытесненной жидкости и направлена вертикально вверх.



Закон Архимеда: *На тело, погруженное в жидкость или газ, действует направленная вертикально вверх выталкивающая сила, равная по величине весу жидкости или газа, вытесненной телом.*



Закон Архимеда :)
Как-то, размышляя в ванне,
Архимед забыл о кране.
"Есть Закон!" - Большим сюрпризом
Стал он для соседей снизу...

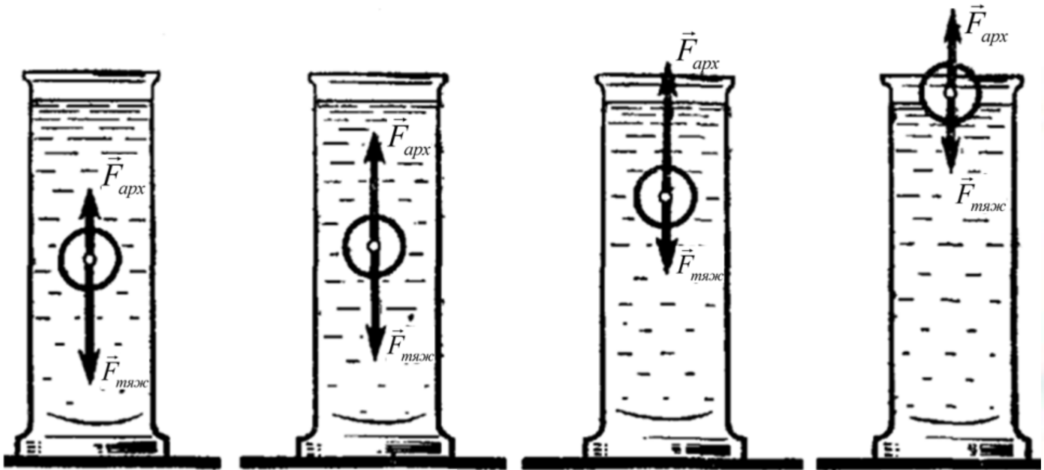


Условия плавания тел

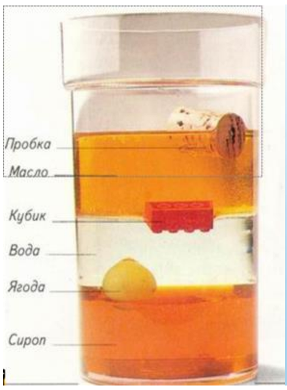
Тело, что попало в лужу, выпирается наружу, силой выпертой воды, телом, впертого туды.

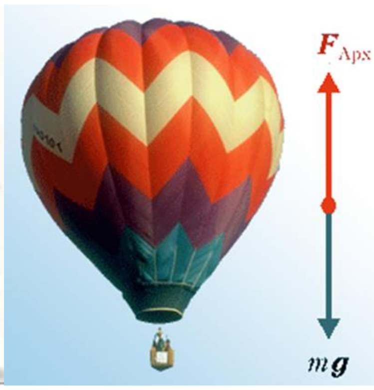
Архимед

- если $\rho_{тела} \geq \rho_{жидкости}$, то тело тонет,
- если $\rho_{тела} \leq \rho_{жидкости}$, то тело всплывает,
- если $\rho_{тела} = \rho_{жидкости}$, то тело находится во взвешенном состоянии.



$\vec{F}_{тяж} > \vec{F}_{арх}$ $\vec{F}_{тяж} = \vec{F}_{арх}$ $\vec{F}_{тяж} < \vec{F}_{арх}$ $\vec{F}_{тяж} = \vec{F}_{арх}$



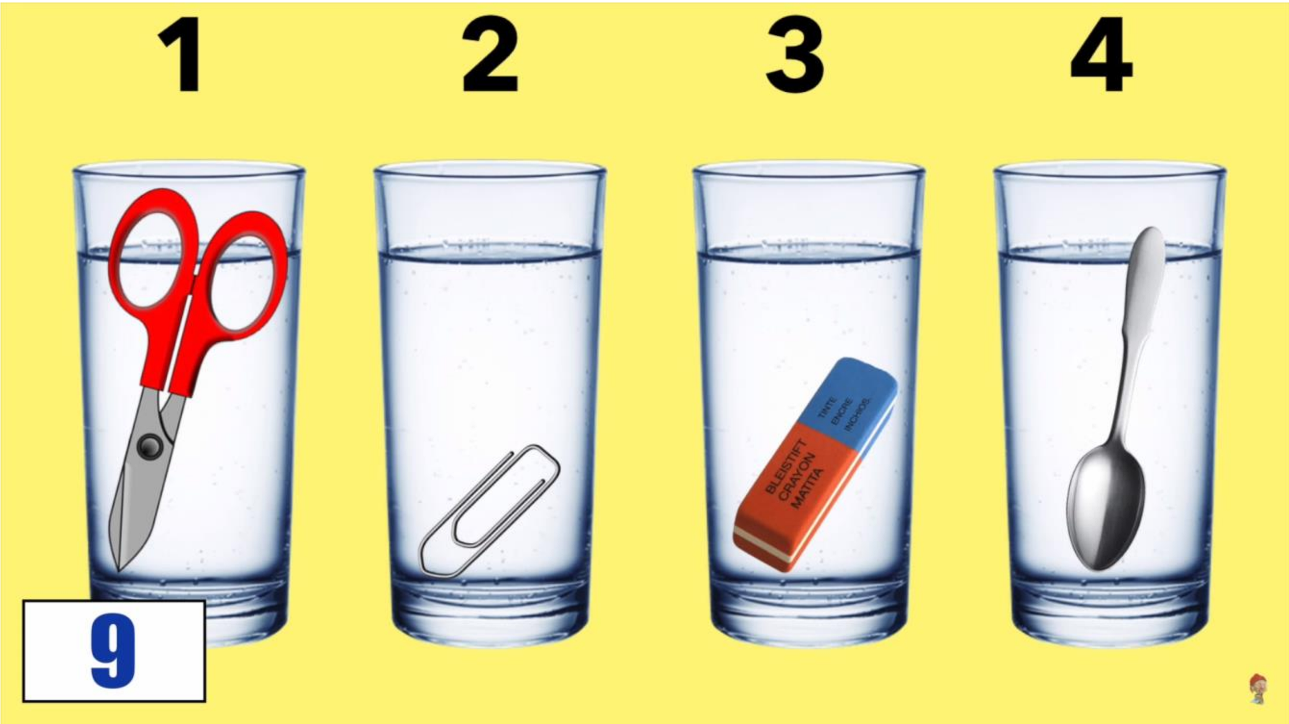


Веселые вопросы Григория Остера из его книги «Физика»:

1) Генерал нырнул в жидкость солдатиком и подвергся действию выталкивающих сил. Можно ли утверждать, что жидкость вытолкала генерала в шею?
2) Пожилые греки рассказывают, что Архимед обладал чудовищной силой. Даже стоя по пояс в воде, он легко поднимал одной левой рукой массу в 1000 кг. Правда, только до пояса, выше поднимать отказывался. Могут ли быть правдой эти россказни?
3) Почему в недосоленном супе ощипанная курица тонет, а в пересоленном спасается вплавь?
4) Где больший вес имеют солидные караси, в родном озере или на чужой сковородке?

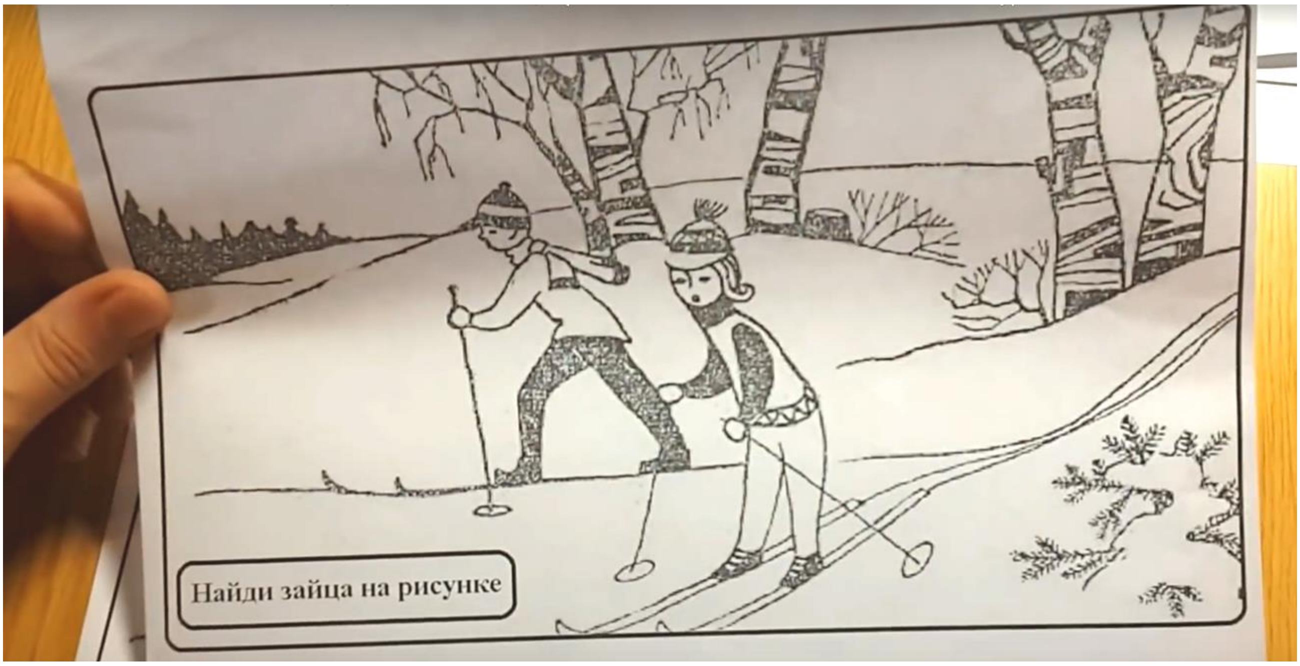
- Закон Архимеда помогает поднимать затонувшие суда. Один из самых больших ледоколов «Садко», по халатности капитана затонувший в Белом море в 1916 г., пролежал на морском дне 17 лет, его затем подняли понтонами, и он снова вступил в строй.
- Оказывается, тонна дерева легче тонны железа на 2,5 кг из-за действия закона Архимеда в газах. Архимедова сила, действующая на тонну дерева, больше аналогичной силы, действующей на тонну железа, в силу разности их объемов. Следовательно, истинный вес дерева равен I тонне минус сила Архимеда ,действующая на дерево; истинный вес железа равен 1 тонне минус сила Архимеда , действующая на железо

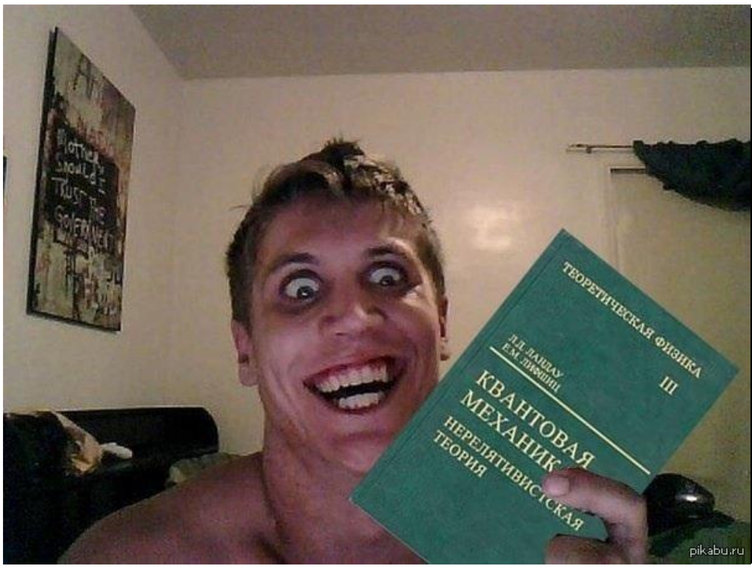
физигадка №1



В каком стакане больше воды?

(ответ узнаешь дальше)





9.52. Предложение. *Пусть* $\nabla, \Delta', \Delta'' \in D(A)$. *Тогда*

$$[\nabla, [\Delta', \Delta'']] = [[\nabla, \Delta'], \Delta''] + [\Delta', [\nabla, \Delta'']].$$

◂ В самом деле,

$$\begin{aligned}
[[\nabla, \Delta'], \Delta''] + [\Delta', [\nabla, \Delta'']] &= [[\nabla, \Delta'], \Delta''] - [[\nabla, \Delta''], \Delta'] \\
&= [\nabla \circ \Delta' - \Delta' \circ \nabla, \Delta''] - [\nabla \circ \Delta'' - \Delta'' \circ \nabla, \Delta'] \\
&= \nabla \circ \Delta' \circ \Delta'' - \Delta' \circ \nabla \circ \Delta'' - \Delta'' \circ \nabla \circ \Delta' + \Delta'' \circ \Delta' \circ \nabla \\
&\quad - \nabla \circ \Delta'' \circ \Delta' + \Delta'' \circ \nabla \circ \Delta' + \Delta' \circ \nabla \circ \Delta'' - \Delta' \circ \Delta'' \circ \nabla \\
&\quad - \nabla \circ \Delta' \circ \Delta'' - \Delta'' \circ \Delta' \circ \nabla - \nabla \circ \Delta'' \circ \Delta' + \Delta' \circ \Delta'' \circ \nabla \\
&= \nabla \circ (\Delta' \circ \Delta'' - \Delta'' \circ \Delta') - (\Delta' \circ \Delta'' - \Delta'' \circ \Delta') \circ \nabla \\
&= \nabla \circ [\Delta', \Delta''] - [\Delta', \Delta''] \circ \nabla = [\nabla, [\Delta', \Delta'']].
\end{aligned}$$ ▸

В самом деле

На конечной станции кондуктор осматривает вагоны и в одном видит на лавочке заснувшего студента, а рядом лежит книжка Ландау «Теория поля». Кондуктор будит студента:

— Ну вставай, агроном, приехали!

Неинерциальные системы отсчёта

Неинерциальными системами отсчёта (НСО) *называются системы отсчёта, которые движутся с ускорением относительно инерциальных систем отсчёта*.

В неинерциальных системах отсчёта помимо сил, действующих в инерциальных системах, возникают ещё особые силы, которые обусловлены ускоренным движением неинерциальной системы отсчёта и которые называются *силами инерции.*

Силы инерции - это *силы, обусловленные ускоренным движением неинерциальной системы отсчета относительно инерциальной системы отсчета*.

Таким образом, силы инерции вызываются не взаимодействием тел, а ускоренным движением системы отсчета.

Особенности сил инерции

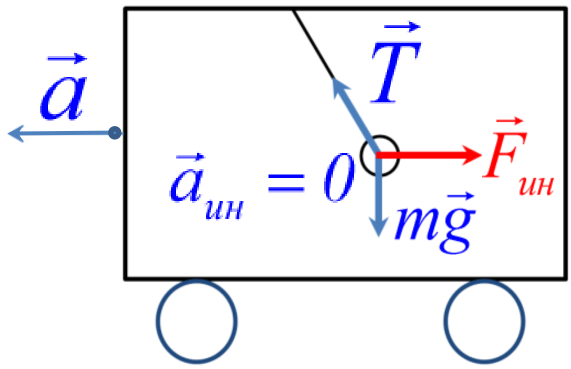
1. Для них не выполняется третий закон Ньютона, так как не возможно указать тело, со стороны которого действуют силы инерции.
2. Они реально существуют и могут быть измерены, например, динамометром.
3. Как и силы тяготения, силы инерции пропорциональны массе тела.

Силы инерции

Различают следующие силы инерции:

1. ***Сила инерции*** $\vec{F}_{ин}$.

Обусловлена поступательным движением неинерциальной системы отсчёта с ускорением $\vec{a}$ относительно инерциальной системы отсчёта:



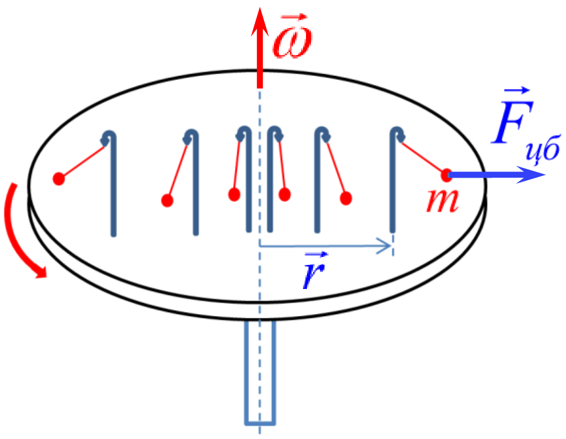
$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a},$$

где $\vec{F}_{ин}$ - сила инерции, действующая на тело в поступательно движущейся неинерциальной системе отсчёта; m - масса тела;
$\vec{a}$ - ускорение неинерциальной системы отсчёта относительно инерциальной.

Сила инерции $\vec{F}_{ин}$ появляется, например, в автомобиле или самолёте при их разгоне или торможении.

2. ***Центробежная сила инерции*** $\vec{F}_{цб}$.

Обусловлена вращательным движе-нием неинерциальной системы отсчёта с угловой скоростью $\vec{\omega}$ и действует как на неподвижное, так и на движущееся относительно неинерциальной системы отсчёта тело:



$$\vec{F}_{цб} = -m\omega^2\vec{r},$$

где $\vec{F}_{цб}$ - центробежная сила инерции, действующая на тело во вращающейся системе отсчёта;
ω - угловая скорость неинерциальной системы отсчёта относительно инерциальной;
m - масса тела;
$\vec{r}$ - радиус-вектор, проведённый от центра вращения до тела.

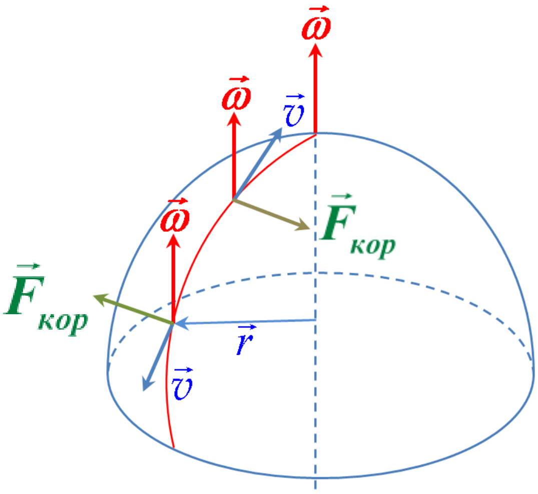
Центробежная сила инерции $\vec{F}_{цб}$ является причиной отклонения кресел при вращении каруселей.

3. ***Сила Кориолиса*** $\vec{F}_{кор}$

Обусловлена вращательным движе-нием неинерциальной системы отсчёта с угловой скоростью $\vec{\omega}$ и действует только на движущиеся относительно неинерциальной системы отсчёта тела: $$\vec{F}_{кор} = 2m\left[\vec{v}\vec{\omega}\right],$$

где $\vec{F}_{кор}$ - сила Кориолиса, действующая на тело, движущееся со скоростью $\vec{v}$ относительно вращающейся неинерциальной системы отсчёта;

$\vec{\omega}$ - угловая скорость неинерциальной системы отсчёта относительно инерциальной системы отсчёта;



$\vec{v}$ - скорость тела относительно неинерциальной системы отсчёта;
m - масса тела.

Сила Кориолиса $\vec{F}_{кор}$ является причиной завихрения циклонов, размывания одного из берегов рек, отклонения в сторону траектории полёта снарядов и др.

Основной закон динамики для неинерциальных систем отсчета

Если в неинерциальных системах отсчёта учитывать действующие на тело силы инерции, то основное уравнение динамики будет аналогично второму закону Ньютона:

в неинерциальной системе отсчёта векторная сумма всех сил, действующих на тело, включая и силы инерции, равна произведению массы этого тела на сообщённое ему ускорение относительно неинерциальной системы отсчёта:

$$\sum \vec{F}_i + \vec{F}_{ин} + \vec{F}_{цб} + \vec{F}_{кор} = m\vec{a}_н,$$

где $\sum \vec{F}_i$ - сумма всех сил, действующих на тело;

$$\vec{F}_{ин} = -m\vec{a},\ \vec{F}_{цб} = -m\omega^2\vec{r} \text{ и } \vec{F}_{кор} = 2m\left[\vec{v}\vec{\omega}\right] \text{ - силы инерции;}$$

$\vec{a}$ - ускорение неинерциальной системы отсчёта относительно инерциальной;

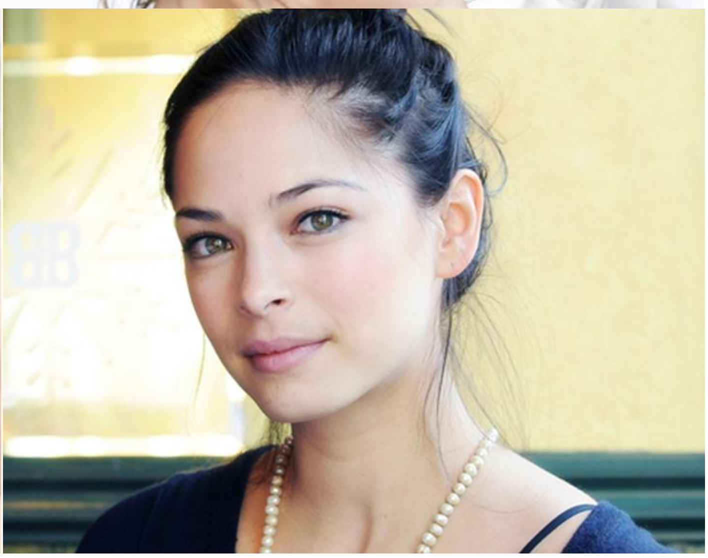
$\vec{a}_н$ - ускорение тела относительно неинерциальной системы отсчёта.

СТРАНИЧКА КРАСОТЫ



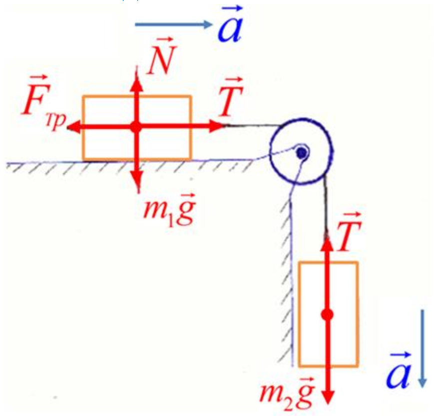




Задачи по динамике материальной точки чаще всего встречаются на составление уравнений

поступательного движения **вращательного движения**



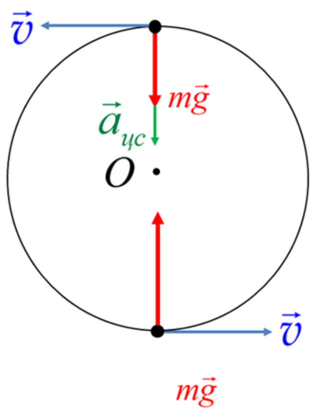


СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

1 Сделать чертеж к задаче, на котором:
- нарисовать все тела, рассматриваемые в задаче,
- нарисовать все силы, действующие на каждое тело, и, если возможно, указать направления ускорений каждого тела.

2. - если тело движется без ускорения, то записать первый закон Ньютона в виде

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

- если тело движется без ускорения, то записать второй закон Ньютона в виде

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n = m\vec{a}.$$

Для каждого тела расписать свой закон Ньютона в проекциях на оси координат, для чего сначала:
- для каждого тела выбрать удобную систему координат (начало координат обычно помещают в центре тяжести тела, а одну из координатных осей направляют по вектору ускорения этого тела),
- для каждого тела расписать своё векторное уравнение в проекциях на каждую ось с учётом знаков проекций сил.

3. Решить полученную систему уравнений.
(**необходимо помнить**, что число уравнений должно быть равно числу неизвестных. Если уравнений динамики окажется не достаточно, то полученную систему дополняют уравнениями кинематики или законами изменения или сохранения).

Если в задаче требуется найти **вес тела** $\vec{P}$, то следует помнить, что по третьему закону Ньютона он равен по величине, но противоположен по направлению силе реакции опоры (то есть $\vec{P} = -\vec{N}$) или силе натяжения нити (то есть $\vec{P} = -\vec{T}$).
Следует также помнить, что законы Ньютона справедливы только для инерциальных систем отсчёта, а инерциальной является система, которая движется без ускорения, то есть покоится или движется прямолинейно и равномерно.

Чтобы правильно определить количество сил, действующих на тело, необходимо придерживаться следующего правила:
Сколько физических полей (гравитационное, электрическое, магнитное, электромагнитное) и тел действует на данное тело, столько и сил (плюс силы трения и сопротивления, если они есть по условию задачи)

Основные свойства физических полей

- **гравитационное:** оказывает силовое воздействие на тела, обладающие массой (сила тяжести и сила гравитации),
- **электрическое:** оказывает силовое воздействие на неподвижные и движущиеся электрические заряды (сила Кулона),
- **магнитное:** оказывает силовое воздействие на магниты, проводники с током (сила Ампера) и движущиеся заряды (сила Лоренца),
- **электромагнитное**: одновременно обладает свойствами электроического и магнитного полей.

Важное примечание: при решении задач на динамику после определения количества сил, действующих на тело, нужно определить, какой порядок величин этих сил. Может оказаться, что некоторые силы настолько малы, что ими можно пренебречь.

Например, силами гравитационного притяжения между телами системы обычно пренебрегают, за исключением силы тяжести.

Так как в задачах школьного курса обычно рассматривается движение материальной точки, размерами которой пренебрегают, то силой Архимеда и силами сопротивления воздуха так же пренебрегают.

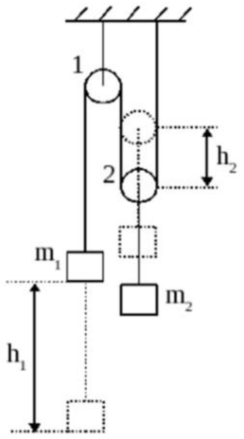
Если в задаче рассматривается движение связанных между собой нерастяжимой нитью тел, то следует помнить, что ускорения этих тел имеют одинаковую величину $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a$.

Если нить и блоки, через которые переброшена нить невесомы и трения в оси блоков нет, то силы натяжения $\vec{T}$, действующая как на первое, так и на второе тела, одинаковы, то есть $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$.

Если тело движется по гладкой поверхности, то силой трения пренебрегают. Следует так же помнить, что сила трения скольжения не зависит от площади поверхности соприкасающихся тел, а определяется лишь силой нормального давления на поверхность (которая равна по третьему закону Ньютона силе реакции опоры)

Необходимо также помнить, что Законы Ньютона выполняются только в инерциальных системах отсчёта, то есть системах отсчёта, которые движутся без ускорения. Обычно в качестве такой системы выбирают поверхность Земли.

Следует помнить, что:



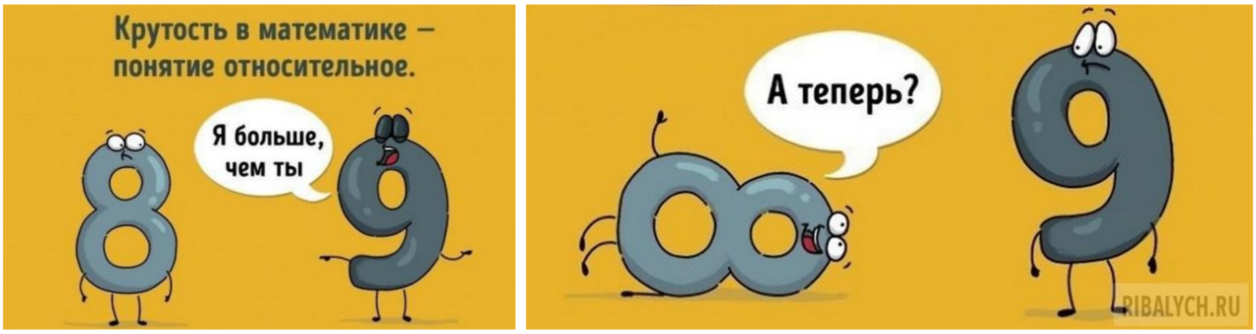
- ускорение тела всегда со направлено с результирующей силой, действующей на тело,
- ускорение тела во всех инерциальных системах отсчёта имеет одно и то же значение.

Если же по условию задачи рассматривается ситуация в системе, которая движется относительно поверхности Земли с ускорением (например, рассматривается колебание математического маятника в ускоренно движущемся лифте), то в такой системе можно применить законы Ньютона, если учесть тот опытный факт, что в таких системах отсчёта все тела ведут себя так, как будто произошло изменение гравитационного поля Земли, в котором вектор ускорения свободного падения $\vec{g}$ получил дополнительное приращение, равное ускорению системы относительно поверхности Земли, взятому с противоположным знаком, то есть $-\vec{a}$.

Иными словами, в неинерциальных системах отсчёта, расположенных вблизи поверхности Земли, можно применять законы Ньютона и законы сохранения, если силу тяжести определять не по формуле $\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$, а по формуле $\vec{F}_{тяж} = m\left(\vec{g} + \left(-\vec{a}\right)\right) \equiv m\left(\vec{g} - \vec{a}\right)$.

Если рассматривается движение системы блоков (см. рис), то следует помнить, что:

- тело m_1 прикреплённое к нити, которая перекинута через неподвижный блок 1 проходит путь в 2 раза больший, чем тело m_2, которое прикреплено непосредственно к подвижному блоку 2, следовательно, скорость и ускорение тела m_1 в любой момент времени так же будут в два раза больше, то есть $v_1 = 2v_2$ и $a_1 = 2a_2$.



Теория относительности в действии

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ

1. Сделать чертёж к задаче, на котором нарисовать тело, движущееся по окружности, и все силы, действующие на него.
2. Следует помнить, что тело движется равномерно по окружности постоянного радиуса только в том случае, если равнодействующая всех сил, действующих на тело, направлена по радиусу к центру этой окружности. Эта сила сообщает телу центростремительное ускорение, которое так же направлена к центру окружности, поэтому:

- ось OX направляют по направлению центростремительного ускорения, (то есть к центру окружности, по которой оно движется).
- записать второй закон Ньютона сначала в векторном виде $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}_{ц.с}$, а затем в проекциях на оси координат, где $$a_{ц.с.} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v.$$

3. решить полученную систему уравнений.

(при необходимости её дополнить уравнениями движения с учётом того, что
$$S = \varphi r,\ v = \omega r,\ \omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}).$$

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО СТАТИКЕ

1. Сделайте чертеж к задаче, на котором:
- нарисуйте все тела, покоящиеся в рассматриваемой задаче,
- нарисуйте все силы, действующие на каждое тело.

2. Для каждого тела запишите первый закон Ньютона сначала в векторном виде $\sum \vec{F}_i = 0$, а затем в проекциях на оси координат, для чего сначала:
- для каждого тела выберите удобную систему координат (начало координат обычно помещают в центре тяжести тела),
- для каждого тела распишите своё векторное уравнение в проекциях на каждую ось с учётом знаков проекций сил.

4. Решите полученную систему уравнений.

Ответы на МОЗГОломку №1 (стр. 42)

1. Раннюю весну или позднюю осень изображает рисунок?
Рассмотрев рисунок, вы видите, что на поле идет сев (трактор с сеялкой и возы с зерном). Как известно, сев производится осенью или ранней весной. Осенний сев проходит, когда на деревьях еще есть листья. На рисунке же деревья и кусты совершенно голые. Следует сделать вывод, что художник изобразил раннюю весну.

2. На север или юг летят журавли?
Весной журавли летят с юга на север.

3. Судоходна ли эта река?
Бакены, то есть знаки, отмечающие фарватер, ставятся только на судоходных реках. Бакен укрепляется на деревянном поплавке, который углом всегда бывает направлен против течения реки.

4. В каком направлении течет река: на юг, север, запад или восток?
Определив по полету журавлей, где север, и обратив внимание на положение треугольника с бакеном, не трудно решить, что в этом месте река течет с севера на юг.

5. Какое время дня изображено на рисунке?
Направление тени от дерева показывает, что солнце стоит на юго-востоке. Весной на этой стороне небосклона солнце бывает в 8 – 10 часов утра.

6. Далеко ли отсюда железная дорога?
К лодке направляется проводник-железнодорожник с фонарем; он, очевидно, живет где-то поблизости от станции.

7. Есть ли поблизости мост через реку?
Мостки и лестница, спускающаяся к реке, а также лодка с пассажирами показывают, что в этом месте налажен постоянный перевоз через реку. Он нужен здесь потому, что поблизости нет моста.

8. Глубока ли река возле берега, у которого стоит лодка?
На берегу вы видите мальчика с удочкой. Только при ловле рыбы на глубоком месте можно так далеко отодвигать поплавок от крючка.

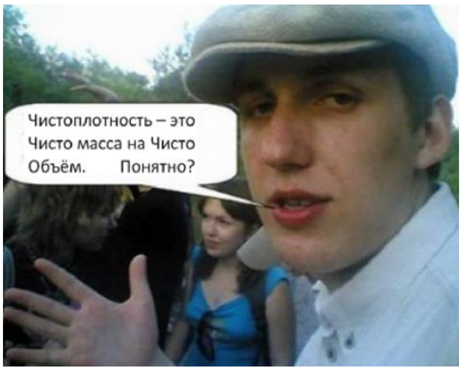
ГИДРОСТАТИКА

Гидростатикой называется раздел физики, изучающий условия равновесия жидкостей и газов.

Плотностью тела ρ (ро) называется скалярная величина, равная отношению массы этого тела m к его объёму V:

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

Размерность плотности: [ρ] = *кг/м* ^{3}, килограмм на метр в кубе.

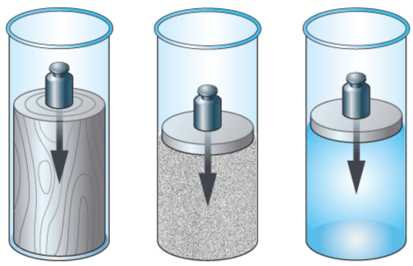


Давлением p (пэ) называется физическая величина, равная отношению силы $F_\perp$, действующей перпендикулярно поверхности площадью S, к величине этой поверхности:

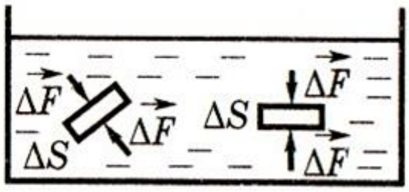
$$p = \frac{F_\perp}{S},$$

$$[p] = \frac{H}{м^2} = Па$$ - Паскаль.

В раю Архимед, Паскаль и Ньютон играют в прятки. Архимед водит и начинает считать. Паскаль убегает за горизонт, а Ньютон оглядывается, берёт палку, рисует вокруг себя квадрат со стороной 1 метр и становится внутрь квадрата.
Архимед заканчивает считать, открывает глаза и видит Ньютона:
- Я вижу тебя, Ньютон!
- Э, нет! Ньютон на метр квадратный - это Паскаль!

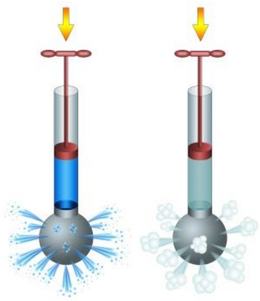

Сила давления $F_\perp = pS$ всегда направлена перпендикулярно поверхности, на которую она действует, не зависимо от её формы.



С раскрытым ртом слушает свою жену Иван Петрович, чтобы давление на барабанные перепонки снаружи и изнутри было одинаковым.....

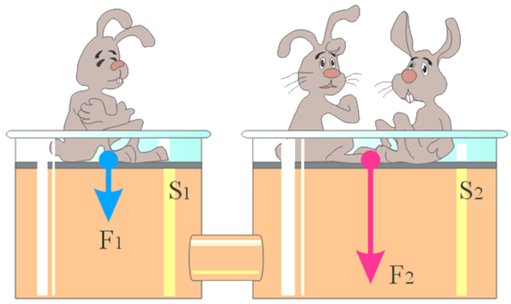
Красавчик! Не дави на меня.

Закон Паскаля для жидкостей и газов



Давление, оказываемое на жидкость или газ, находящиеся в ограниченном объёме в состоянии гидростатического равновесия, передаётся во все точки жидкости или газа внутри этого объёма и к стенкам сосуда без изменения.

На законе Паскаля основана работа гидравлического пресса:

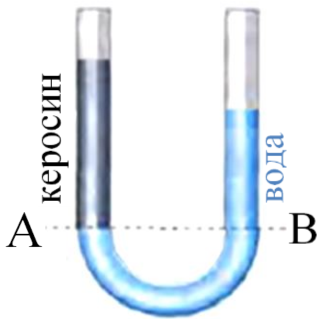


$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1},$$

где F_1 - сила, действующая на поршень площадью S_1,

F_2 - сила, действующая на поршень площадью S_2.

Следствие из закона Паскаля

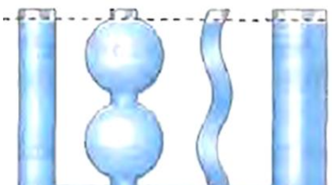


Внутри жидкости существует давление и на одном и том же горизонтальном уровне в покоящейся жидкости оно одинаково по всем направлениям. С глубиной давление увеличивается.

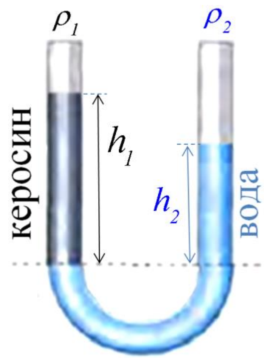
Газы в этом отношении не отличаются от жидкостей, но их плотность и вес малы и «весовое» давление газа во многих случаях можно не учитывать.

Из закона Паскаля следует, что давление на уровне АВ в обоих коленях трубки одинаково (см. рис)

Закон сообщающихся сосудов



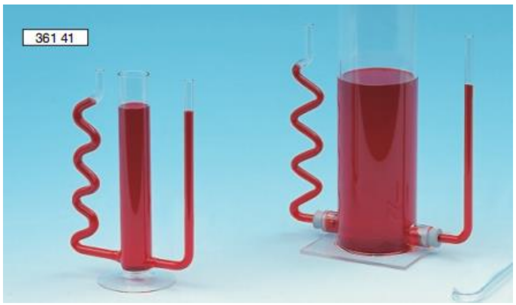
В сообщающихся сосудах любой формы и сечения однородная жидкость устанавливается всегда на одном и том же горизонтальном уровне.



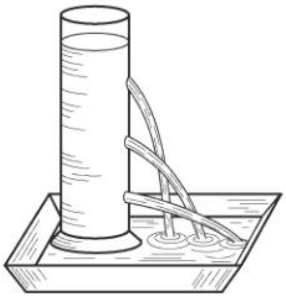
Высоты столбов неоднородных жидкостей обратно пропорциональны их плотностям:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1},$$

где h_1 и h_2 - высоты столбов жидкостей, ρ_1 и ρ_2 - плотности этих жидкостей.



Давление жидкости на глубине *h*



Наблюдения показывают, что давление в жидкости линейно увеличивается с глубиной по закону:

$$p = \rho g h,$$

Если на поверхность жидкости дополнительно действует внешнее давление (например, атмосферное), то

$$p = p_a + \rho g h,$$

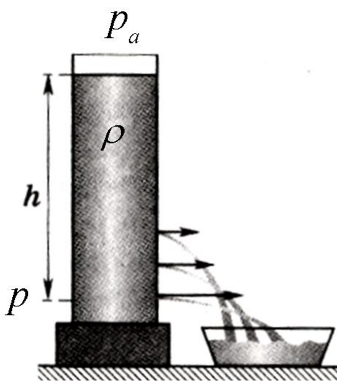
где p - давление в жидкости на глубине h, *Па*;

p_a - внешнее давление на поверхность жидкости, *Па*;

ρ - плотность жидкости, *кг/м*^{3};

g - ускорение свободного падения, *м/с*^{2};

h - глубина жидкости, *м*.



Не лезьте в воду глубоко –
В воде давленье велико.
Надавит сверху РО-ЖЕ-АШ-
И вдруг концы свои отдашь?

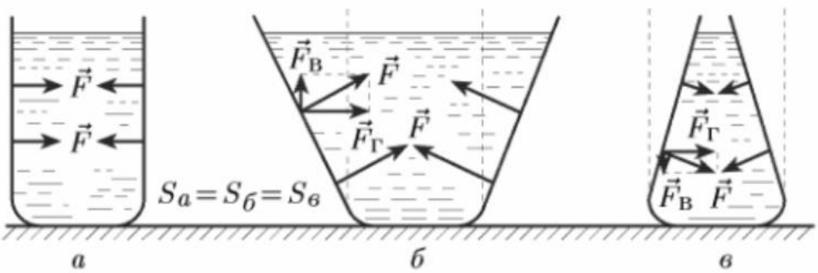
$P = \rho g h$

Химик, физик, математик и филолог получили задание измерить высоту башни с помощью барометра.

1. Химик измерил давление у подножия башни и на крыше и выяснил, что ее высота от 0 до 100 метров.
2. Физик сбросил барометр с крыши, замерил время падения и вычислил, что высота башни от 60 до 70 метров.
3. Математик измерил высоту барометра, длину тени барометра и длину тени башни, сосчитал тангенс угла и выяснил, что высота башни от 63 до 64 метров.
4. Филолог продал барометр, напоил на вырученные деньги сторожа, и тот рассказал ему, что высота башни 63 метра 40 сантиметров.

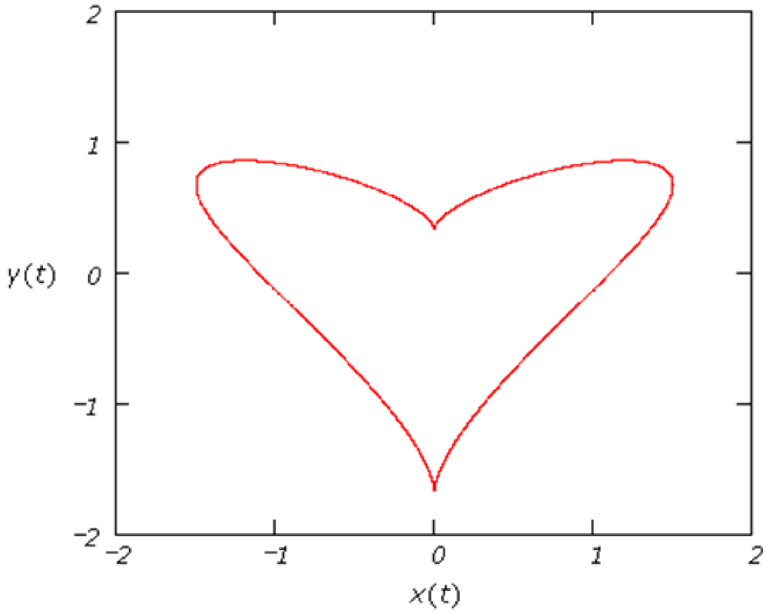
Гидростатический парадокс

Давление жидкости на дно сосуда не зависит от формы сосуда, а определяется лишь высотой столба жидкости.



ФОРМУЛА ЛЮБВИ

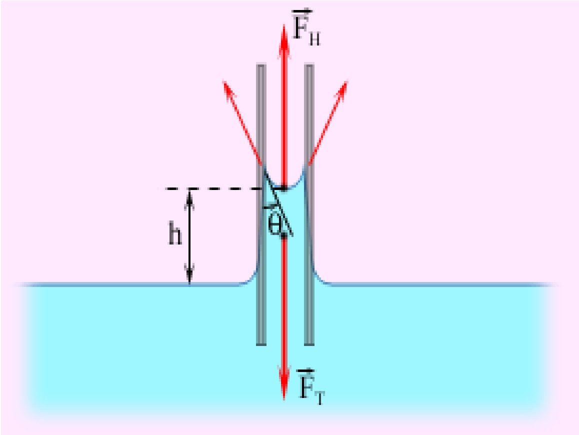
$$x(t) = \frac{3}{2}\cos(t)^3 \qquad y(t) = \sin(t) + \frac{2}{3}\cos(2\cdot t)$$



Сидят в кафе два физика. Мимо проходит девушка. Один физик говорит другому:
— Ты смотри, какое интересное сочетание атомов!

Урок художественного мастерства

А ТЫ ТАК МОЖЕШЬ?



Высота подъёма (глубина опускания) жидкости в капилляре

(капилляр - это узкая цилиндрическая трубка диаметром $d \le 1мм$)

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R} = \frac{2\sigma}{\rho g r}\cos\theta ,$$

где σ - коэффициент поверхностного натяжения, $\frac{Н}{м}$

R - радиус кривизны поверхности жидкости, *м*,

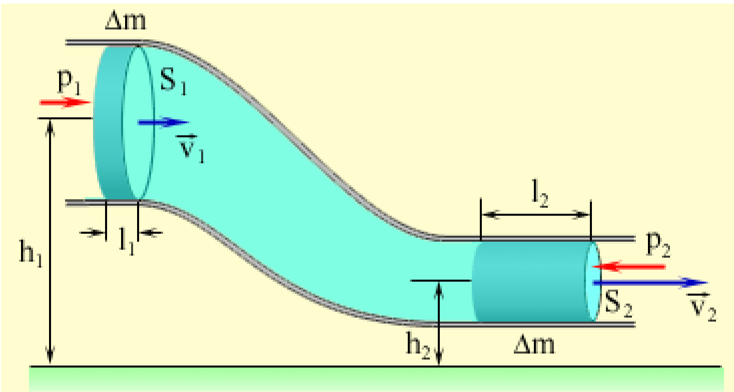
r - радиус капилляра, *м*,

ρ (ро) - плотность жидкости, $\frac{кг}{м^3}$; θ (тэта) - краевой угол.

Закон Бернулли для идеальной жидкости

Сумма статического давления p, *давления обусловленного весом жидкости* $\rho g h$ *(гидростатическое давление), и динамического давления* $\frac{\rho v^2}{2}$ *в идеальной жидкости не изменяется с течением времени вдоль любой трубки тока.*

- Гидростатическое давление обусловлено потенциальной энергией жидкости в поле силы тяжести,
- Динамическое давление обусловлено кинетической энергией движущейся жидкости.



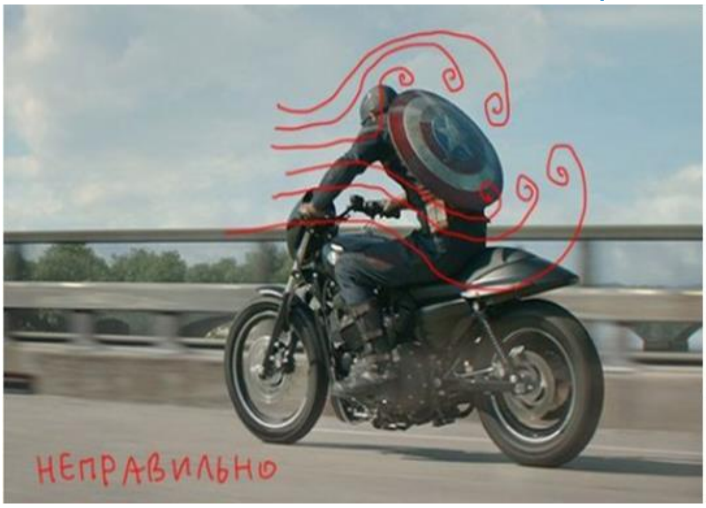
$$p + \rho g h + \frac{\rho v^2}{2} = const ,$$

где p - статическое давление, *Па*,

$\rho g h$ - гидростатическое давление, *Па*,

$\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое давление, *Па*.

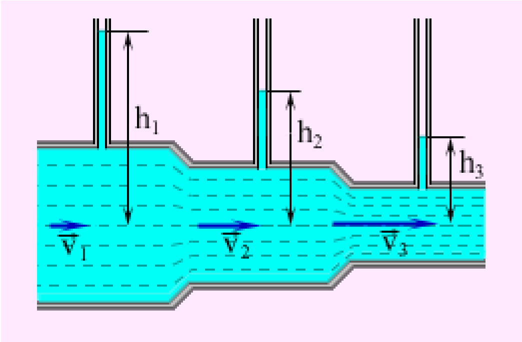
Правила езды



Турбулентный поток

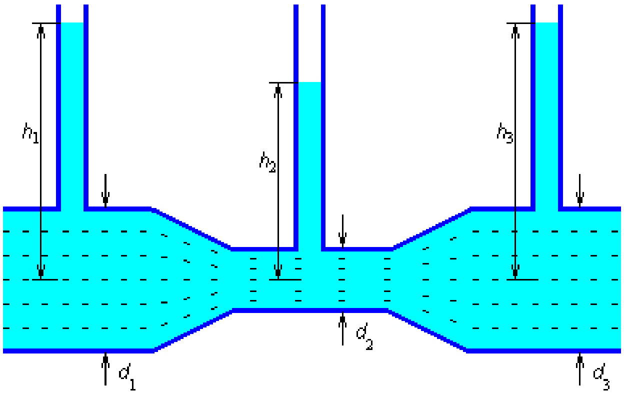
Ламинарный поток

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости



Произведение скорости течения несжимаемой жидкости v на поперечное сечение трубки тока S есть величина постоянная для данной трубки тока.

$$Sv = const \quad \text{или} \quad \Delta V = S_1 v_1 t_1 = S_2 v_2 t_2$$

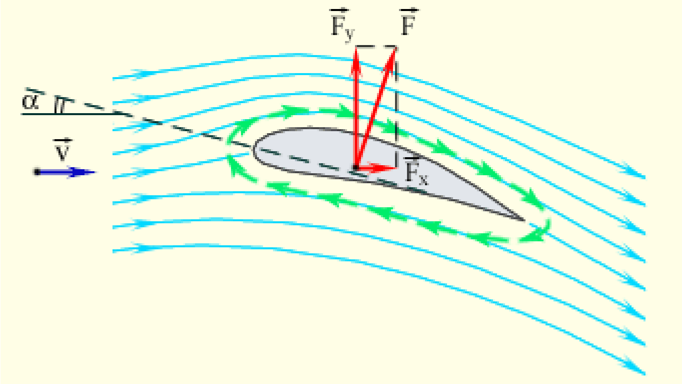


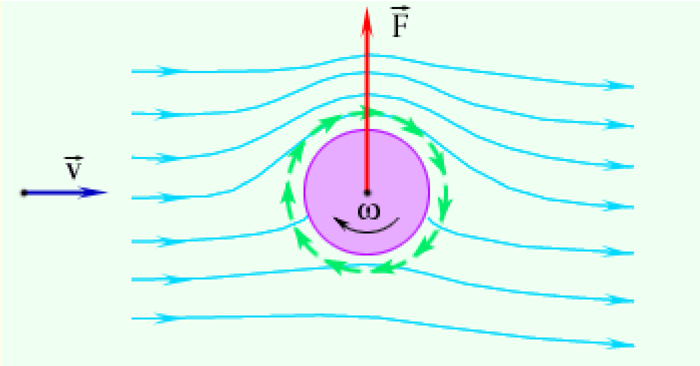
При течении жидкости (или газа) по горизонтальной трубке, имеющей различные сечения, скорость жидкости (или газа) больше в местах сужения, а статическое давление больше в более широких местах, то есть там, где скорость меньше.

Физигадка №2

Какой из этих двух мальчиков сможет принести в своей лейке больше воды для полива огорода?
(ответ найдёшь на следующих страницах)

Подъёмная сила крыла



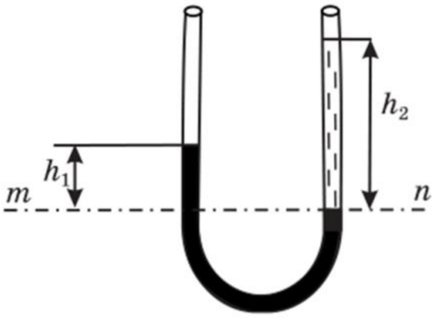


На вершине этой горы лежит твой диплом.

До него четыре года.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ГИДРОСТАТИКИ

1. сделайте рисунок, на котором покажите все равновесные уровни жидкости, которые она занимала в разных состояниях, и изобразите границы раздела различных жидкостей,
2. выберите нулевой горизонтальный уровень отсчёта высоты столбов различных жидкостей (обычно его выбирают так, чтобы он проходил по нижней границе раздела сред).
3. запишите условие равновесия жидкости в виде $p_A = p_B$,



где p_A и p_B - суммарное давление внутри жидкости в точках A и B, расположенных на одном и том же горизонтальном уровне в жидкости.

Если сверху на данный уровень давит несколько жидкостей, то давление на данном уровне равно сумме давлений каждой жидкости в отдельности, то есть необходимо записать

$$p_0 + \rho_1 g h_1 + \ldots + \rho_i g h_i = p_0' + \rho_1' g h_1' + \ldots + \rho_i' g h_i',$$

где p_0 и p_0' - внешнее давление на поверхности верхних слоёв жидкости в разных коленях (обычно оно равно атмосферному), ρ_i и h_i - плотность и высота i - ой жидкости,

4. если до установления равновесия происходило переливания жидкости из одной части в другую, то к условию равновесия следует добавить условие не сжимаемости жидкости $\Delta V_1 = \Delta V_2$,

где ΔV_1 - уменьшение объёма жидкости в одной части сосуда,

а ΔV_2 - увеличение объёма жидкости в другой части сосуда.

5. решите полученную систему уравнений.

Сила Архимеда не всегда направлена вертикально вверх. Как и всякая сила давления жидкости, она направлена перпендикулярно поверхности жидкости. Поэтому, если сосуд движется горизонтально с ускорением, то её поверхность расположится под некоторым углом к горизонту, который тем больше, чем больше ускорение сосуда. В этом случае сила Архимеда будет направлена не вертикально вверх, а перпендикулярно поверхности жидкости.

При решении задач на гидростатику следует помнить, что:

- среднюю силу $\langle F \rangle$ давления на плоскую боковую поверхность сосуда можно определить по формуле:

$$\langle F \rangle = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{p_1 S + p_2 S}{2} = \frac{0 + \rho g h}{2} S = \frac{\rho g h}{2} S.$$

- если в задаче требуется найти вес тела P в жидкости или газе, то следует помнить, что вес тела в жидкости равен весу тела в воздухе минус сила Архимеда, действующая на тело в жидкости.

Иногда при определении веса тела в жидкости, его удобно изобразить подвешенным на нити в жидкости или газе и помнить, что по третьему закону Ньютона вес тела равен по величине силе натяжения нити $|\vec{P}| = |\vec{T}|$,

- если требуется определить минимальную работу A_{min}, необходимую для того, чтобы вынуть тело из жидкости (или, наоборот, погрузить тело полностью в жидкость), то при определении работы необходимо брать среднее значение силы, совершающей эту работу, на всём участке перемещения центра тяжести тела,

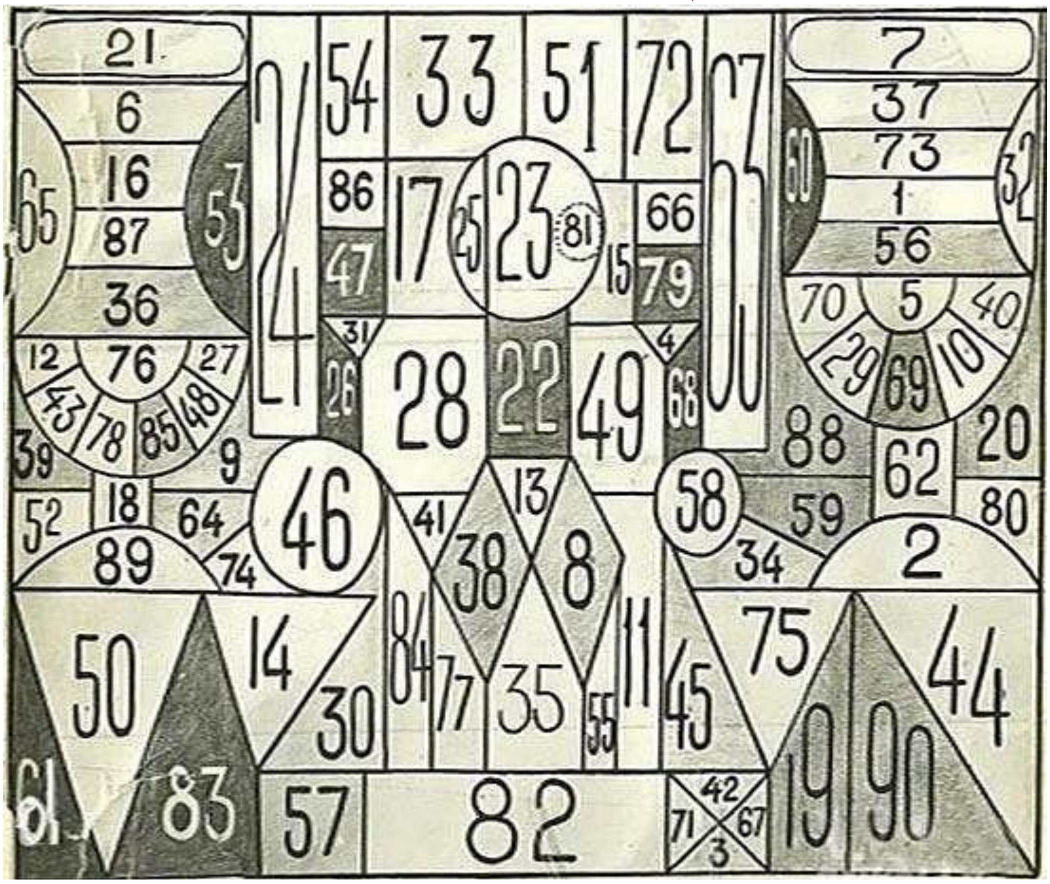
- если тело плавает на границе раздела двух не смешивающихся жидкостей, то сила Архимеда, действующая на тело равна: $F_{арх} = \rho_1 g V_1 + \rho_2 g V_2$,

где ρ_1 и ρ_2 - плотность первой и второй жидкости,

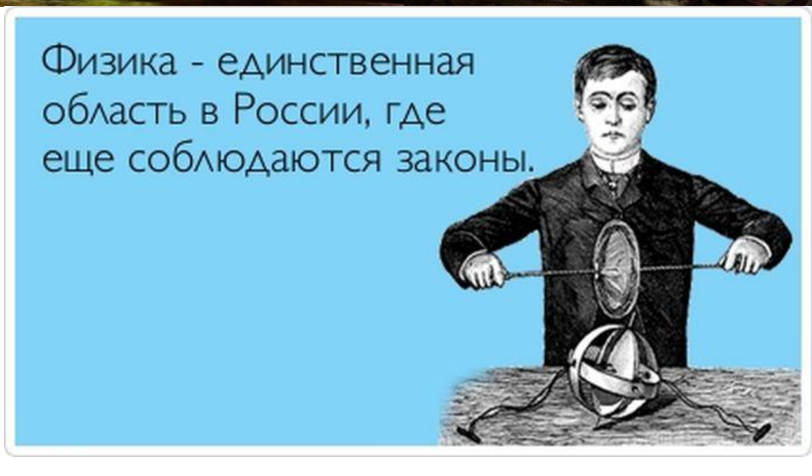
V_1 и V_2 - объёмы частей тела, погруженные в первую и вторую жидкость,

- если требуется найти подъёмную силу, действующую на тело, то требуется найти разность между выталкивающей силой и силой тяжести.

Занимательная таблица



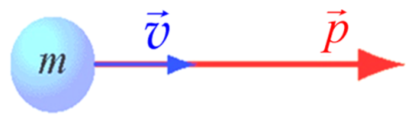
Найди на этой таблице последовательно цифры от 1 до 90 включительно. Если ты найдёшь их за 5-10 мин, то у тебя исключительная наблюдательность. За 10-15 мин — хорошая. За 15-20 мин — средняя. За 20-25 мин — удовлетворительная.



ИМПУЛЬС. ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. РАБОТА. МОЩНОСТЬ. КПД

Импульс материальной точки

Импульсом материальной точки $\vec{p}$ (пэ) называется векторная величина, равная произведению массы m этой точки на её скорость $\vec{v}$:

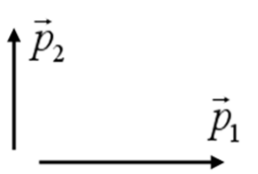


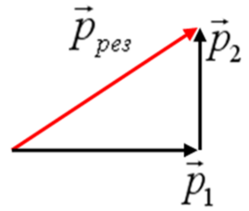
$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad [p] = \frac{кг \cdot м}{с} = Н \cdot с$$, Ньютон-секунда.

Вектор импульма тела $\vec{p}$ сонаправлен с вектором мгновенной скорости тела $\vec{v}$.

Импульсом системы материальных точек $\vec{p}_{системы}$ называется векторная величина, равная векторной сумме импульсов всех тел системы:

$$\vec{p}_{системы} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \ldots + \vec{p}_n = \sum \vec{p}_i$$



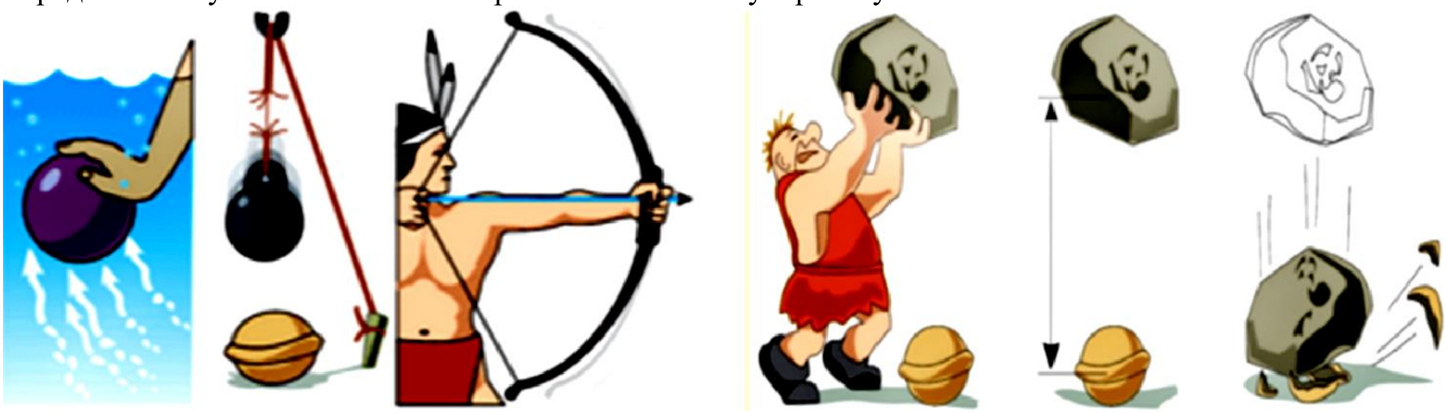


Импульсом силы $\vec{I}$ (и) называется векторная величина, равная произведению силы $\vec{F}$ на время её действия t:

$$\vec{I} = \vec{F}t, \quad [\vec{I}] = Н \cdot с$$, Ньютон-секунда

Виды механической энергии

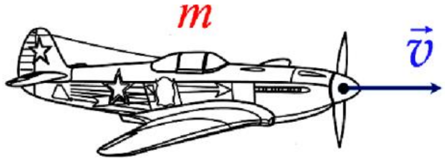
Когда говорят, что тело обладает механической энергией, то подразумевают, что оно при определённых условиях может совершить механическую работу.

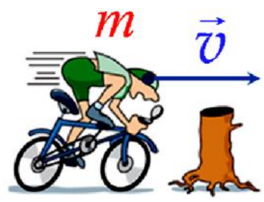


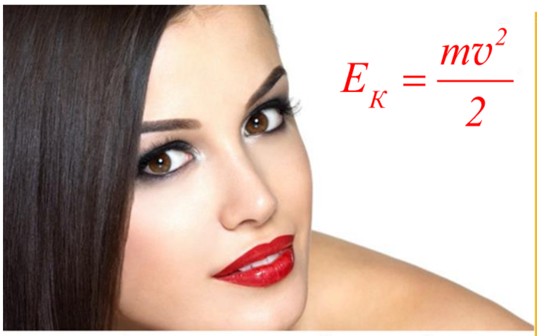
Кинетической энергией тела $E_К$ (е ка) называется скалярная величина, равная половине произведения массы этого тела m на квадрат его скорости v^2: $E_К = \dfrac{mv^2}{2}$

где $E_К$ - кинетическая энергия, *Дж*; m - масса тела, *кг;* v - скорость тела, *м/с*.

особенность: кинетическая энергия тела всегда величина положительная.







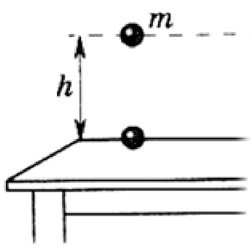
А ты знаешь эту формулу?

$$E_К = \frac{mv^2}{2}$$

Попал физик в больницу после автокатастрофы.
Лежит и бредит:
- Хорошо, что пополам. Хорошо, что пополам. Хорошо, что пополам.
- Что пополам? - спрашивает врач.
- Хорошо, что кинетическая энергия Эм-Вэ-Квадрат ПОПОЛАМ!!!

Виды потенциальной энергии

Потенциальной энергией поднятой над Землёй материальной точки $E_П$ (е пэ) называется скалярная величина, равная произведению массы материальной точки m на ускорение свободного падения g и на высоту h от нулевого уровня отчёта потенциальной энергии:

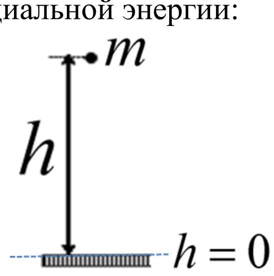


$$E_П = mgh$$

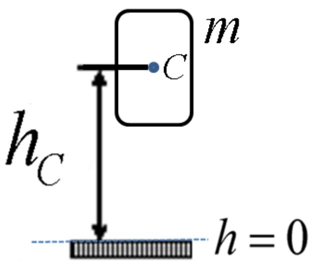
где $E_П$ – потенциальная энергия , *Дж*;

m – масса, *кг* ; g – ускорение свободного падения, *м/с²*;

h – высота материальной точки над нулевым уровнем отсчёта потенциальной энергии, *м*.



Потенциальная энергия поднятого над Землёй протяжённого тела $E_П$ называется скалярная величина, равная произведению массы тела m на ускорение свободного падения g и на высоту h_c центра тяжести тела от нулевого уровня отчёта потенциальной энергии:



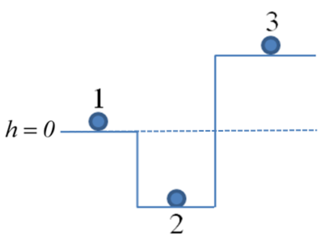
$$E_П = mgh_c,$$

где $E_П$ (е пэ) - потенциальная энергия , *Дж*; m (эм) - масса, *кг*;

g (жэ) - ускорение свободного падения, *м/с²*;

h_c (аш цэ)- высота центра тяжести тела над нулевым уровнем отсчёта потенциальной энергии, *м*.

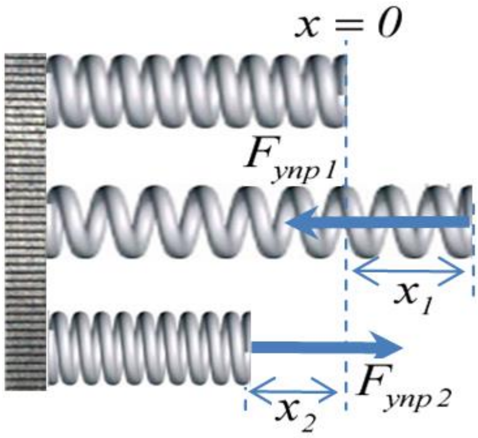
особенность: может быть величиной положительной, отрицательной и равной нулю в зависимости от выбора начального уровня отсчёта потенциальной энергии (см. рисунок)



$П_1 = 0$, так как $h = 0$

$П_2 < 0$, так как $h < 0$

$П_3 > 0$, так как $h > 0$



Потенциальной энергией деформированной пружины $E_П$ называется скалярная величина, равная произведения жёсткости пружины $к$ на квадрат величины её деформации x^2:

$$E_П = \frac{к\,x^2}{2},$$

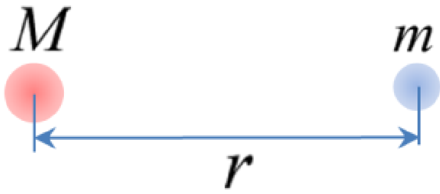
где $к$ (ка) - коэффициент жёсткости пружины, $\frac{Н}{м}$,

x (икс) - величина деформации пружины, $м$.

особенность: потенциальная энергия деформированной пружины всегда величина положительная.

Потенциальной энергией гравитационного взаимодействия двух материальных точек $E_П$ называется скалярная величина, равная произведению гравитационной постоянной G на произведение масс материальных точек M и m, делённой на расстояние r между этими материальными точками:

$$E_П = -G\frac{Mm}{r},$$



где G (жэ)- гравитационная постоянная,

M и m - массы точек, $кг$;

r - расстояние между ними, $м$.

особенность: потенциальная энергия гравитационного взаимодействия всегда величина отрицательная.

Полной механической энергией E (е) называется скалярная величина, равная сумме кинетической и потенциальной энергий тела:

$$E = E_К + E_П$$

$$E_К = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_П = mgh$$

Полная механическая энергия

Таблица 12 **Механическая энергия физических объектов и явлений**

Физический объект, явление	*Энергия, Дж*	*Физический объект, явление*	*Энергия, Дж*
Молекула воздуха при комнатной температуре	10^{-21}	Атомная бомба	10^{14}
Электрон в атоме	10^{-18}	Ураган	10^{15}
Деление ядра урана	10^{-11}	100 МВт-водородная бомба	10^{17}
Протон в ускорителе, прыгающая блоха	10^{-7}	Землетрясение (8 баллов по шкале Рихтера)	10^{18}
Клавиша компьютера	10^{-2}	Извержение вулкана	10^{19}
Сердцебиение	0,5	Солнечное излучение, ежегодно попадающее на Землю	10^{25}
Яблоко, падающее с высоты 1 м	1		
Горящая спичка	10^{3}	Вращение Земли вокруг оси	10^{29}
Стайер после часового бега, взрыв 1 кг тринитротолуола	10^{6}	Движение Земли вокруг Солнца	10^{33}
Сгорание 1 л бензина	10^{7}	Солнечное излучение за год	10^{34}
Сгорание 1 м^3 дров	10^{9}	Взрыв сверхновой звезды	10^{44}
Разряд молнии	10^{10}	Излучение радиогалактики	10^{55}
Космическая ракета	10^{11}	Рождение Вселенной	10^{68}

Консервативные силы

Консервативными (или ***потенциальными***) *называются силы, работа которых не зависит от формы траектории, по которой двигалась материальная точка, а определяется лишь начальным и конечным положением точки, и, как следствие, работа таких сил на любом замкнутом участке пути равна нулю.*

К консервативным силам относятся сила гравитации $\vec{F}_{гр}$, сила тяжести $\vec{F}_{тяж}$, сила упругости $\vec{F}_{упр}$, сила Кулона $\vec{F}_{кул}$ и сила Архимеда $\vec{F}_{арх}$.

Все остальные силы являются неконсервативными.

Связь консервативной силы с её потенциальной энергией

Консервативная сила $\vec{F}$ равна градиенту $\dfrac{d\Pi}{d\vec{r}}$ от её потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком:

$$\vec{F} = -\frac{d\Pi}{d\vec{r}} = -\left(\frac{\partial\Pi}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial\Pi}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial\Pi}{\partial z}\vec{k}\right) = -grad\ \Pi,$$

где $grad = \dfrac{\partial}{\partial x}\vec{i} + \dfrac{\partial}{\partial y}\vec{j} + \dfrac{\partial}{\partial z}\vec{k}$ - градиент (это математический оператор, равный в декартовой системе координат сумме первых частных производных какой-либо функции по координатам x, y и z).

Механическая работа силы *A*

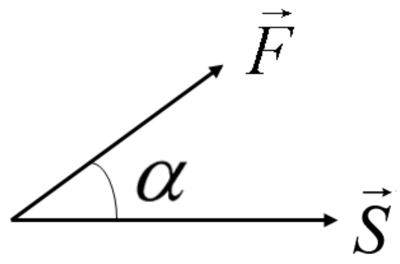
Механической работой A ***произвольной силы*** *называется скалярная величина, равная криволинейному интегралу вида*

$$A_{1-2} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r} = \int_1^2 F_s ds,$$

где F_S - это функция зависимости силы, действующей на тело, от пройденного телом пути S.

Механической работой A(а) ***постоянной по величине и направлению силы*** *называется скалярная величина, равная произведению силы* F *(эф) на перемещение* S *(эс) точки приложения силы и на косинус угла* α *(альфа) между векторами силы и перемещения:*

$$A = FScos\alpha,$$

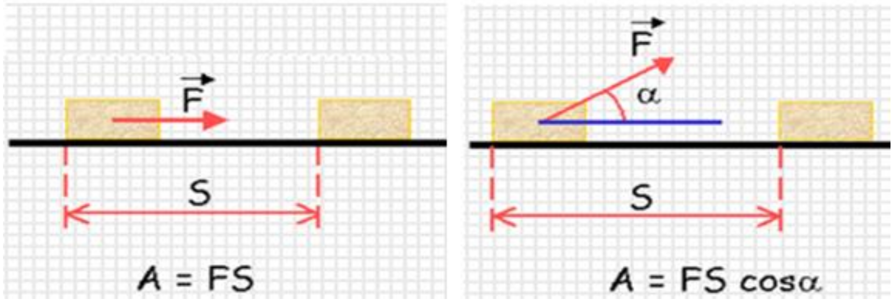


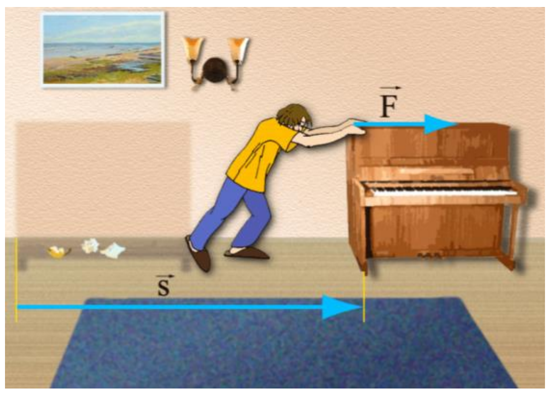
где A - работа силы, $Дж$;

F - сила, $Н$;

S – перемещение точки приложения силы, $м$;

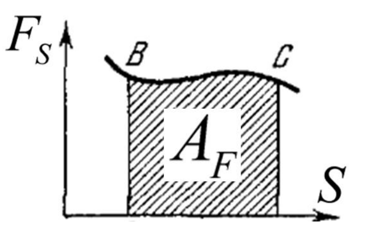
α - угол между векторами $\vec{F}$ и $\vec{S}$.



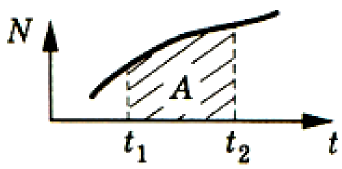


Геометрический смысл механической работы

Механическую работу силы можно определить графически, как площадь под кривой графика зависимости силы F_S, действующей на тело, от пройденного телом пути S.



Механическая работа силы A равна площади фигуры под кривой графика зависимости мгновенной мощности силы N от времени t.



С природой не поспоришь!!!

Механическая мощность силы N

Для характеристики быстроты выполнения работы ввели понятие механической мощности. Различают среднюю $\langle N \rangle$ и мгновенную N механическую мощность.

Средней механической мощностью силы $\langle N \rangle$ (эн) *называется скалярная величина, равная отношению работы силы А за какой-то промежуток времени* t, *к величине этого промежутка времени*:

$$\langle N \rangle = \frac{A}{t},$$

где $[N] = \frac{Дж}{с} = Вт$, Ватт - механическая мощность;

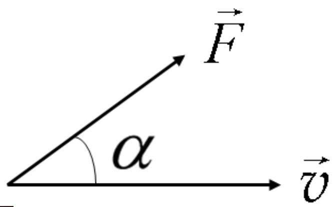
A - механическая работа силы, *Дж*;

t - время выполнения работы, *с*.

Мгновенной механической мощностью силы N (эн) *называется скалярная величина, равная первой производной работы силы* A *по времени* t: $N = \frac{dA}{dt}$.

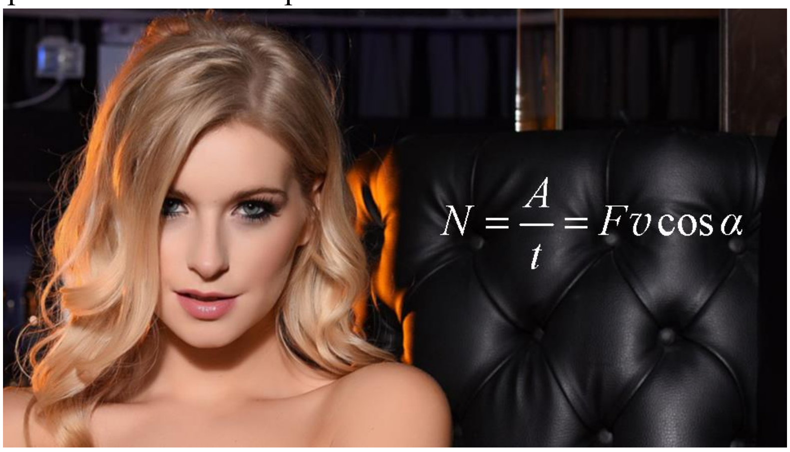
Мгновенную мощность силы можно выразить через скорость движущегося под действием этой силы тела:

$$N = Fv\cos\alpha,$$



где v – это мгновенная скорость тела (т.е. скорость тела в данный момент времени), *м/с*;

α – угол между векторами силы $\vec{F}$ и скорости $\vec{v}$.



Коэффициент полезного действия η

Для характеристики экономичности механизмов или процессов ввели понятие *коэффициента полезного действия* η (эта).

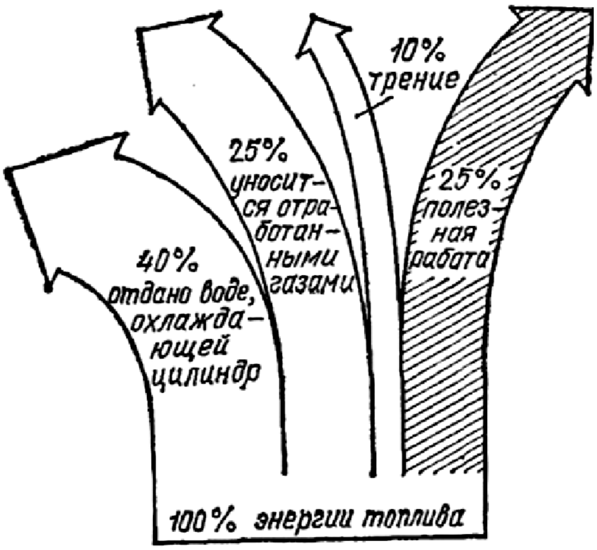
Коэффициентом полезного действия η **(КПД)** *называется скалярная величина, равная отношению полезной работы механизма* $A_{полезная}$*, к его затраченной работе* $A_{затраченная}$*:*

$$\eta = \frac{A_{полезная}}{A_{затраченная}},$$

где $A_{полезная}$ и $A_{затр}$ – это полезная и затраченная работа силы соответственно;

η (эта) - КПД, величина безразмерная.

КПД не может быть больше единицы или больше100 %.



При этом следует помнить, что

- ***полезная работа*** $A_{полезная}$ *- это минимальная работа, которую необходимо совершить, чтобы выполнить необходимое задание.*

Полезная работа будет минимальной, если тело перемещать равномерно прямолинейно в отсутствии сил трения и сопротивления;

- ***затраченная работа*** $A_{затр}$ *– это работа, которую на самом деле приходится совершить, чтобы выполнить данное задание.*

Например, при подъёме тела по наклонной плоскости на высоту h, полезная работа будет совершаться против силы тяжести. При этом работа будет минимальной, если тело перемещать равномерно и силы трения будут отсутствовать. В этом случае полезная работа будет равна $A_{полезная} = mgh$, а затраченная работа $A_{затр} = FS\cos\alpha$.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Установите, работу какой силы необходимо определить (это может быть как отдельная сила, так и результирующая многих сил).

2. Работу силы можно определить несколькими способами.

- *по формуле работы механической силы:*

в случае постоянной силы $A = FScos\alpha$,

в случае переменной силы $A_{1-2} = \int_1^2 F_s ds$ или $A = \int_{t_1}^{t_2} Ndt$,

где N - мгновенная мощность силы,

- *по теореме о кинетической энергии:* $\sum A_i = E_{K2} - E_{K1}$,

- *по теореме о потенциальной энергии:* $A_{конс} = -\left(E_{П2} - E_{П1}\right)$,

- *по закону изменения полной механической энергии:*

$$\sum A_i^{неконсервативных} = E_2 - E_1 .$$

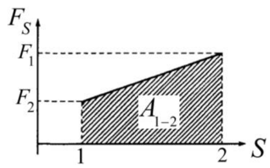
3. По ходу решения может понадобиться определить угол α между векторами силы $\vec{F}$ и перемещения $\vec{S}$. В этом случае делается рисунок, на котором указывается сила, вектор перемещения и определяется необходимый угол α.

4. При вычислении работы переменной силы (например, $F_{упр}$, $F_{гр}$ или $F_{кул}$) формулой $A = FScos\alpha$ пользоваться нельзя. В этом случае работу силы можно найти следующим образом:

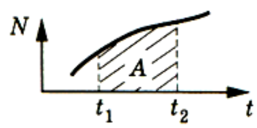
- если сила при перемещении меняется по линейному закону (например, $F_{упр} = кх$), то работу силы можно определить по формуле $A = \langle F \rangle Scos\alpha$, где $\langle F \rangle = \dfrac{F_1 + F_2}{2}$ - среднее значение переменной силы в начале и конце перемещения;

- если даны графики зависимости силы F_S, действующей на тело, от пройденного телом пути S или мгновенной мощности силы N от времени t, то механическую работу силы можно найти, используя *геометрический смысл работы:*

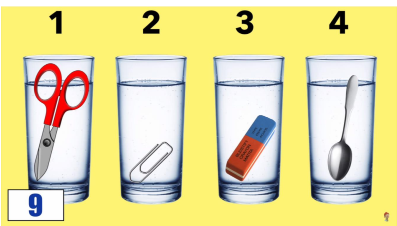
- работа силы A равна площади фигуры под кривой графика зависимости силы F_S, действующей на тело, от пройденного телом пути S;



- работа силы A равна площади фигуры под кривой графика зависимости мгновенной мощности силы N от времени t.



При вычислении потенциальной энергии протяжённого тела, необходимо определить высоту его центра тяжести h_c. Следует помнить, что центр тяжести у однородного симметричного тела совпадает с его геометрическим центром.



Ответ на физигадку №1 (стр. 47)

В каком стакане больше воды?

В стакане № 2 больше всего воды.

Уровень воды в стакане определяется объёмом воды в стакане + объём тела, погружённого в воду. У скрепки самый маленький объём, следовательно, воды в стакане № 2 больше всего.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

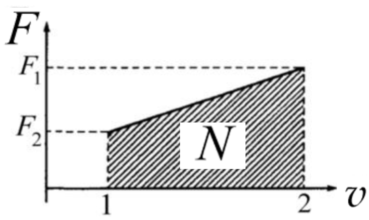
Прежде всего, надо разобраться, какую мощность требуется определить: среднюю или мгновенную.

- ***среднюю мощность силы*** можно определить по формулам

$$\langle N \rangle = \frac{A}{t} \qquad \text{или} \qquad \langle N \rangle = \int_{v_1}^{v_2} F dv;$$

- ***среднюю мощность силы*** можно определить, используя её *геометрический смысл*:

средняя мощность силы $\langle N \rangle$ равна площади фигуры под кривой графика зависимости силы F, действующей на тело, от мгновенной скорости тела v;



- ***мгновенную мощность силы*** можно определить по формулам

$$N = \frac{dA}{dt} \qquad \text{или} \qquad N = Fv\cos\alpha,$$

где v - это мгновенная скорость тела; α -угол между векторами силы $\vec{F}$ и мгновенной скорости тела $\vec{v}$.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД

При определении КПД рекомендуется начинать решение задачи с определяющей формулы

$$\eta = \frac{A_{полезная}}{A_{затраченная}},$$

при этом следует внимательно разобраться, какая работа в данной задаче является полезной $A_{полезная}$, а какая затраченной $A_{затр}$.

Напомним, что

полезная работа $A_{полезная}$ *– это минимальная работа, которую необходимо совершить, чтобы выполнить необходимое задание* (работа будет минимальной, если тело перемещать равномерно прямолинейно и силы трения будут отсутствовать), а

затраченная работа $A_{затр}$ – это работа, которую на самом деле приходится совершить, чтобы выполнить данное задание.

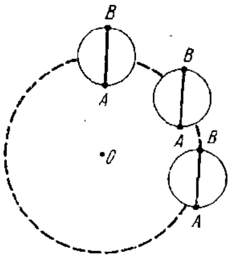
Затраченная работа находится по формулам $A = FS\cos\alpha$ или $A_{1-2} = \int_1^2 F_s ds$.

МЕХАНИКА АБСОЛЮТНО ТВЁРДОГО ТЕЛА

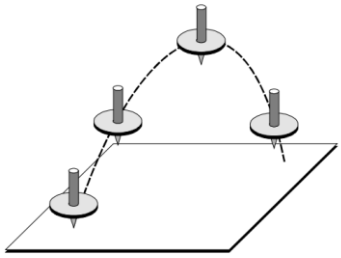
Абсолютно твёрдым телом *называется тело, деформациями которого в условиях данной задачи можно пренебречь.*

Деформацией *называется явление изменения формы или размеров тела под влиянием внешних воздействий.*

Любое сложное движение твёрдого тела можно представить как сумму двух простых видов движения: *поступательного и вращательного.*

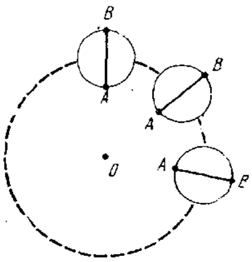


Поступательным называется движение, при котором любая прямая, проведённая в теле, остаётся параллельной сама себе при движении тела.



Основными особенностями поступательного движения являются следующие обстоятельства:

- при поступательном движении все точки тела движутся совершенно одинаково, то есть имеют одну и ту же линейную скорость $\vec{v}$, ускорение $\vec{a}$, траектории движения, совершают одинаковые перемещения $\Delta\vec{r}$ и проходят одинаковый путь *S*;
- в этом случае, при описании движения тела, его можно рассматривать ***как материальную точку***.



Вращательным называется движение, при котором все точки тела описываю окружности, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой ***осью вращения тела***.

Основной особенностью вращательного движения является следующее обстоятельство:

при вращательном движении все точки тела движутся с одной и той же угловой скоростью и угловым ускорением и совершают одинаковые угловые перемещения.

Момент силы M

Опыт показывает, что при описании вращательного движения твёрдого тела, кроме величины и направления действующей на тело силы, важной характеристикой является ещё и точка приложения этой силы.

В связи с этим вводят в рассмотрение понятие момента силы $\vec{M}$. Различают:

- *момент силы относительно точки* $\vec{M}$ (векторная величина);
- *момент силы относительно неподвижной оси* M (скалярная величина).

Моментом силы $\vec{M}$ (эм) ***относительно неподвижной точки O*** *называется векторная величина, равная векторному произведению радиус-вектора* $\vec{r}$ *, проведённого из точки O в точку приложения силы* $\vec{F}$ *, на саму эту силу:*

$$\vec{M} = \left[\vec{r}\vec{F}\right],$$

где $\left[M\right] = H \cdot м$, Ньютон - метр.

$$\vec{M} = \left[\vec{r}\vec{F}\right]$$

Запомни формулу будущих МОРЯКОВ!!!

M о rF лот

Направление вектора момента силы $\vec{M}$ определяется по правилу ***векторного произведения*** (или ***правилу буравчика***):

если совместить начала перемножаемых векторов в точке О и вращать рукоятку буравчика по кратчайшему повороту от первого сомножителя в векторном произведении $\vec{r}$ *ко второму* $\vec{F}$ *,то поступательное движение буравчика укажет направление вектора* $\vec{M}$ (см.рис.1)

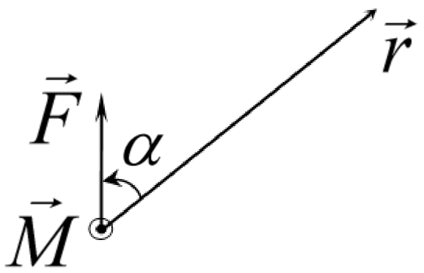


Рис. 1

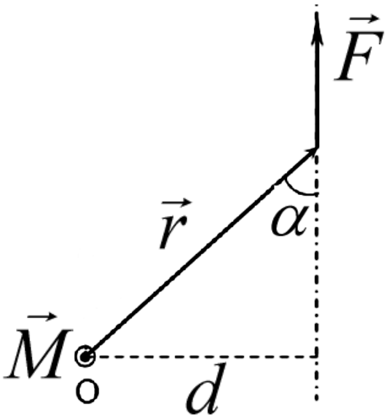


Рис. 2

На рис.1 и рис.2 вектор $\vec{M}$ направлен перпендикулярно плоскости чертежа на нас (обозначается кружочком с точкой внутри).
При этом следует помнить, что

- начало вектора $\vec{M}$ совпадает с точкой О,
- сам вектор $\vec{M}$ перпендикулярен одновременно векторам $\vec{r}$ и $\vec{F}$,
- а его величину можно определить по формуле

$$M = rF\sin\alpha \quad \text{или} \quad M = Fd,$$

где α - угол между векторами $\vec{r}$ и $\vec{F}$,

d - плечо силы $\vec{F}$, *м*.

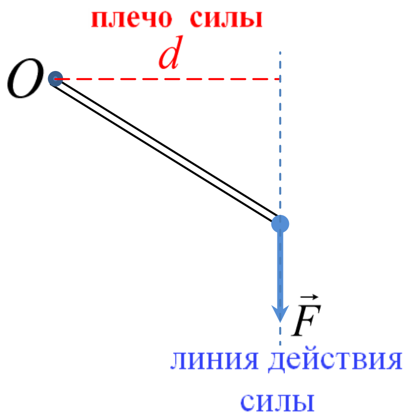


Рис.3

Плечом силы d (дэ) называется скалярная величина, равная кратчайшему расстоянию от точки O до линии действия силы $\vec{F}$ (см. рис.3).

$[d] = м$, метр.

Величина $\vec{M}$ зависит от выбора точки O.

Моментом силы M ***относительно неподвижной оси Z*** *называется скалярная величина, равная проекции на эту ось вектора момента силы* $\vec{M}$ *относительно любой точки О, выбранной на этой оси*:

$$M = \left[\vec{r}\vec{F}\right]_Z = Fd,$$

где M - момент силы относительно неподвижной оси, $[M] = Н \cdot м$, Ньютон-метр;

d - плечо силы $\vec{F}$, *м*, метр.

Величина M не зависит от выбора точки О на оси вращения *Z*.

Мудрая мысль:

Победа не всегда
означает быть первым.
Победа – это когда ты стал
лучше, чем ты был.

Условия равновесия твёрдого тела относительно оси вращения

Для того чтобы тело, вращающееся вокруг неподвижной оси, находилось в состоянии равновесия или вращалось с постоянной угловой скоростью, необходимо выполнение одновременно двух условий.

Первое условие равновесия тела в инерциальной системе отсчёта:

векторная сумма всех сил, действующих на тело, равна нулю, то есть

$$\sum \vec{F}_i = 0.$$

В этом случае равно нулю ускорение центра масс тела. Всегда можно найти такую систему отсчета, в которой центр масс тела покоится.

Однако это условие не означает, что все точки тела должны покоятся. Они могут принимать участие во вращательном движении вокруг центра масс. Поэтому возникает ещё одно условие.

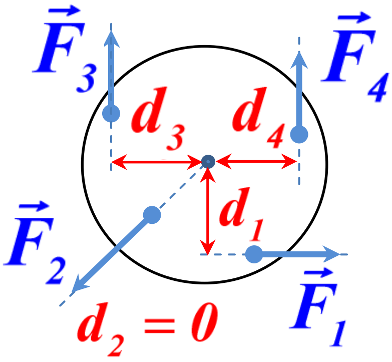
Второе условие равновесия тела в инерциальной системе отсчёта (правило моментов):

алгебраическая сумма моментов всех внешних сил, действующих на тело, относительно любой неподвижной оси вращения Z должна быть равна нулю, то есть

$$\sum M_i = 0.$$

Следует учитывать правило знаков для моментов сил:

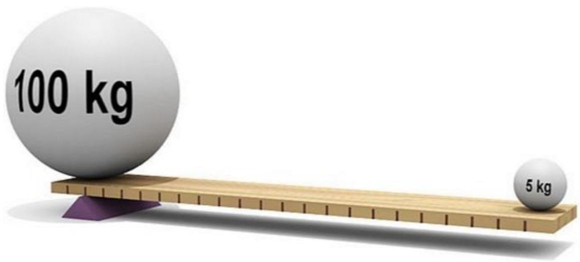
- если сила пытается повернуть тело вокруг выбранной оси Z против часовой стрелки, то момент такой силы имеет знак плюс « + »;
- если сила пытается повернуть тело вокруг выбранной оси Z по часовой стрелке, то момент такой силы имеет знак минус « - ».



Или другая формулировка **правила моментов**:

тело находится в равновесии относительно неподвижной оси вращения Z, если сумма моментов сил, пытающихся повернуть тело по часовой стрелке, равна сумме моментов сил, пытающихся повернуть его против часовой стрелки:

$$\left(\sum M_i\right)_{по} = \left(\sum M_k\right)_{против}.$$

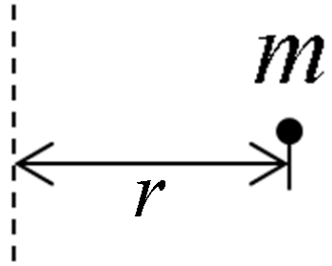


Момент инерции тела I

Наблюдения показывают, что при рассмотрении вращательного движения тела, основной характеристикой инертных свойств тела является не масса этого тела m, а величина, которая называется ***моментом инерции тела*** I (и).

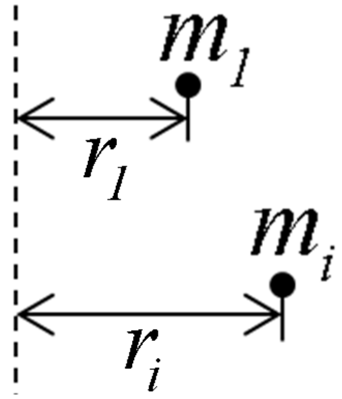
Моментом инерции материальной точки относительно оси вращения Z называется скалярная величина I равная произведению массы материальной точки m на квадрат кратчайшего расстояния r^2 от оси вращения Z до рассматриваемой материальной точки: $I = mr^2$.

$[I] = кг \cdot м^2$, килограмм-метр в квадрате.



Моментом инерции системы материальных точек относительно оси вращения Z называется скалярная величина I, равная сумме произведений масс материальных точек системы m_i на квадраты кратчайших расстояний r_i^2 от оси вращения Z до рассматриваемых материальных точек системы:

$$I = \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 .$$



Реальное твёрдое тело можно рассматривать как совокупность бесконечного числа материальных точек. Поэтому,

моментом инерции твёрдого тела относительно неподвижной оси вращения Z называется скалярная величина I_z равная

$$I_z = \lim_{n \to \infty} \sum m_i r_i^2 = \int_m r^2 dm = \int_V r^2 \rho dV , \qquad (1)$$

где ρ - это функция зависимости распределения плотности тела в зависимости от координат, а сам интеграл вычисляется по всему объёму данного тела.

На практике, момент инерции тела обычно определяют опытным путём, так как математически его определить бывает очень сложно.

Собственный момент инерции тела

Из анализа уравнения (1) следует, что величина I зависит не только от массы тела, но и от её распределения относительно оси вращения, поэтому в общем случае любое тело имеет бесконечное множество различных моментов инерции (в отличие от массы тела m, которая является величиной постоянной).

Возникает вопрос: *существует ли такая же величина или несколько величин, которые подобно массе тела при поступательном движении, однозначно определяли бы инертные свойства тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?* Оказывается существуют. Это, так называемые, ***главные моменты инерции тела***. Разберемся, что это такое.

Через центр инерции (центр масс) любого тела можно провести бесконечное множество осей вращения (оси, проходящие через центр инерции тела называются ***собственными***, а моменты инерции тела относительно этих осей – ***собственными моментами инерции***).

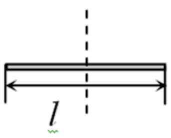
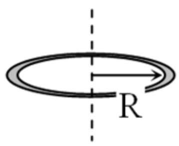
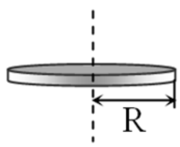
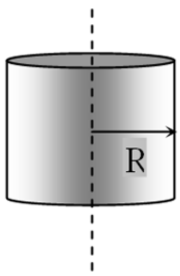
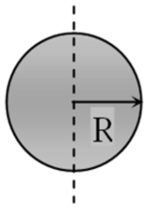
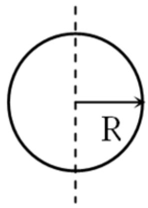
Однако из всех этих осей для тела произвольной формы всегда можно выбрать ось, относительно которой собственный момент инерции будет **максимальным**, и ось, относительно которой собственный момент инерции будет **минимальны**м, причем две эти оси всегда оказываются взаимно перпендикулярными. Кроме того, только относительно этих двух осей возможно устойчивое вращение тела даже без закрепления этих осей, поэтому их еще называют ***свободными осями инерции тела***.

Эти две свободные оси инерции, а также перпендикулярная им третья ось, пересекающиеся в центре инерции тела называются ***главными осями инерции***, а моменты инерции относительно этих осей ***главными моментами инерции тела*****.**

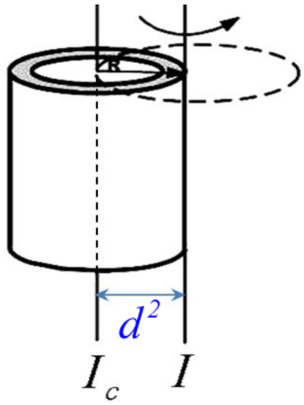
Для симметричных тел одной из главных осей инерции всегда является ось симметрии тела.

Собственным моментом инерции тела *называется момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела*.

Собственные моменты инерции некоторых однородных тел массой m

однородный тонкий стержень длиной l	однородный тонкий обруч радиусом R	однородный тонкий диск радиусом R	однородный сплошной цилиндр радиусом R	однородный шар радиусом R	однородная сфера радиусом R
					
$I = \dfrac{ml^2}{12}$	$I = mR^2$	$I = \dfrac{mR^2}{2}$	$I = \dfrac{mR^2}{2}$	$I = \dfrac{2}{5}mR^2$	$I = \dfrac{2}{3}mR^2$

Если необходимо найти момент инерции тела относительно произвольной оси, не проходящей через центр масс тела, то применяют *теорему Штейнера*.



Теорема Штейнера

Момент инерции твёрдого тела I *относительно произвольной оси, не проходящей через центр масс тела, равен сумме момента инерции этого тела* I_c *относительно оси, проходящей через центр масс тела и параллельной данной, и произведения массы этого тела* m *на квадрат расстояния между этими осями* d^2:

$$I = I_c + md^2.$$

Работа силы при вращении твёрдого тела

Работой произвольной силы A ***при вращении тела вокруг оси Z*** *называется скалярная величина, равная интегралу вида*

$$A = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_z d\varphi,$$

где M_z - момент силы, действующий на тело относительно неподвижной оси вращения Z, $Н \cdot м$;

φ_1 и φ_2 - начальный и конечный угол поворота тела, $рад$.

Работой постоянной по величине силы A ***при вращении тела вокруг оси*** Z *называется скалярная величина, равная*

$$A = M_z \Delta\varphi,$$

где M_z - постоянный по величине момент силы, действующий на тело относительно неподвижной оси вращения Z, $Н \cdot м$;

$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ - угол поворота тела вокруг оси Z, $рад$.

Момент импульса материальной точки и абсолютно твёрдого тела

Моментом импульса $\vec{L}$ (эль) ***материальной точки относительно неподвижной точки О*** *называется векторная величина, равная векторному произведению радиус-вектора* $\vec{r}$*, проведённого из точки О в рассматриваемую материальную точку, на её импульс* $\vec{p}$:

$$\vec{L} = [\vec{r}\,\vec{p}],$$

где $[L] = Дж \cdot с$, Джоуль - секунда.

Направление вектора момента импульса $\vec{L}$ определяется ***по правилу буравчика***: *если параллельным переносом совместить начала перемножаемых векторов в точке О и вращать рукоятку буравчика по кратчайшему повороту от первого сомножителя в векторном произведении* $\vec{r}$ *ко второму* $\vec{p}$*, то поступательное движение буравчика укажет направление вектора* $\vec{L}$ (см. рис.4)

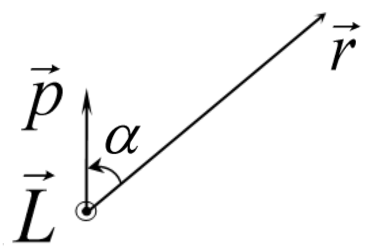


Рис. 4

На рис.4 и рис.5 вектор $\vec{L}$ направлен перпендикулярно плоскости чертежа на нас (обозначается кружочком с точкой внутри).

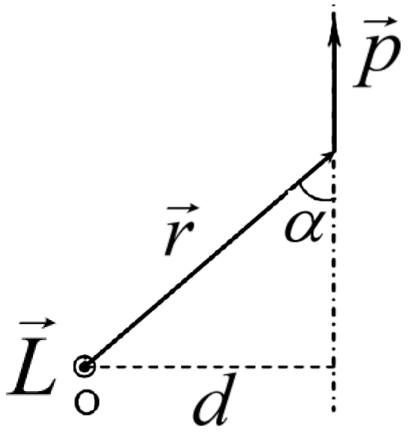


Рис.5

При этом следует помнить, что начало вектора $\vec{L}$ совпадает с точкой О, сам вектор $\vec{L}$ перпендикулярен одновременно векторам $\vec{r}$ и $\vec{p}$, а его величину можно определить по формулам

$$L = rp\sin\alpha = rmv\sin\alpha$$

или

$$L = pd = mvd,$$

где α - угол между векторами $\vec{r}$ и $\vec{F}$,

d - кратчайшее расстояние от точки О до линии движения материальной точки, $м$, (см. рис. 6).

Величина $\vec{L}$ зависит от выбора точки О.

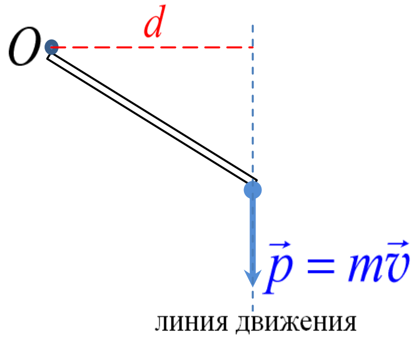


Рис. 6

Моментом импульса материальной точки L ***относительно неподвижной оси Z*** *называется скалярная величина, равная проекции на эту ось вектора момента импульса* $\vec{L}$ *относительно любой точки О, выбранной на этой оси*:

$$L = [\vec{r}\vec{p}]_Z,$$

где L - момент импульса относительно неподвижной оси,

$[L] = Дж \cdot с$, Джоуль-секунда;

Величина L не зависит от выбора точки О на оси вращения Z.

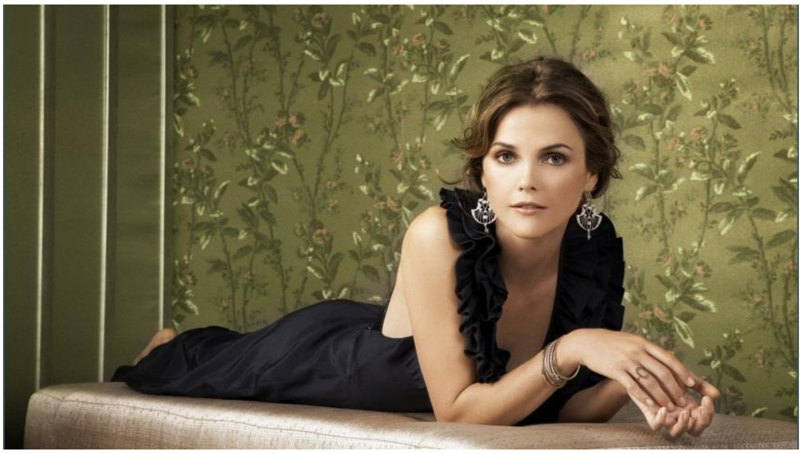
Моментом импульса L ***абсолютно твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси Z*** *называется скалярная величина, равная произведению момент инерции этого тела* I *относительно оси вращения, на его угловую скорость* ω:

$$L = I\omega,$$

где L (эль)-момент импульса твёрдого тела относительно оси вращения, $Дж \cdot с$;

I - момент инерции твёрдого тела относительно оси вращения, $кг \cdot м^2$;

ω - угловая скорость вращения тела, $\frac{рад}{с}$.



Наблюдаю я за тобой - крутой ты парень!

Кинетическая энергия абсолютно твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси

Кинетической энергией E_K ***абсолютно твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси Z*** *называется скалярная величина, равная половине произведения момента инерции этого тела* I *относительно оси вращения Z, на квадрат его угловой скорости* ω^2:

$$E_K = \frac{I\omega^2}{2},$$

где E_K - кинетическая энергия вращающегося тела, $Дж$;

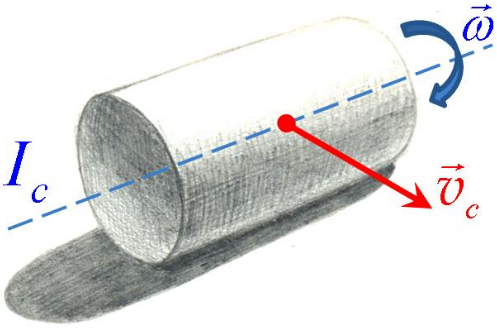
I - момент инерции твёрдого тела относительно оси вращения, $кг \cdot м^2$;

ω - угловая скорость вращения тела, $\frac{рад}{с}$.

Теорема Кёнига

Полная кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно собственной оси, движущейся поступательно (например, катятся цилиндр, шар, кольцо и т. п.), определяется по ***теореме Кёнига***:

полная кинетическая энергия тела E_K *равна сумме кинетической энергии поступательного движения тела со скорость движения его центра масс* $E_K^{пост}$ *плюс кинетическая энергия вращательного движения тела* $E_K^{вращ}$ *относительно оси проходящей через его центр масс:*



$$E_K = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{I_c\omega^2}{2},$$

где $E_K^{пост} = \frac{mv_c^2}{2}$ - кинетическая энергия, обусловленная поступательным движением тела, $Дж$;

$E_K^{вращ} = \frac{I_c\omega^2}{2}$ - кинетическая энергия, обусловленная вращательным движением тела, $Дж$;

E_K - полная кинетическая энергия движущегося тела, $Дж$;

v_c - скорость движения центра масс тела, $\frac{м}{с}$;

m - масса твёрдого тела, $кг$; ω - угловая скорость вращения тела, $\frac{рад}{с}$.

I_c - момент инерции твёрдого тела относительно оси вращения, проходящей через центр масс тела, $кг \cdot м^2$;

Ответ на физигадку №2 (стр.61)

Какой из этих двух мальчиков сможет принести в своей лейке больше воды для полива огорода?

Оба мальчика принесут одинаковое количество воды.

На рисунке видно, что верхний край носика и у высокой лейки и у низкой, находятся на одинаковой высоте от дна леек. Следовательно, согласно закону сообщающихся сосудов, вода будет наливаться в лейки только до высоты кончика носика леек и затем выливаться наружу.

Основное уравнение динамики вращательного движения абсолютно твёрдого тела

В инерциальной системе отсчёта алгебраическая сумма моментов всех сил $\sum M_i$ *, действующих на тело относительно неподвижной оси вращения* Z *, равна произведению момента инерции этого тела относительно этой оси* I *, на сообщённое ему угловое ускорение* ε *:*

$$\sum M_i = I\varepsilon \qquad \text{или} \qquad M_{рез} = I\varepsilon,$$

где $M_{рез} = \sum M_i$ - результирующий момент всех сил, действующих на тело относительно неподвижной оси вращения Z.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ДИНАМИКЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ АБСОЛЮТНО ТВЁРДОГО ТЕЛА ОТНОСИТЕЛЬНО НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ

1. Сделайте чертёж к задаче, на котором нарисуйте тело, вращающееся вокруг неподвижной оси, и все силы, действующие на него, с учётом точек приложения сил.

Обратите внимание на точки приложения сил к телу:

- сила тяжести $\vec{F}_{тяж}$ приложена к центру тяжести тела
(у симметричных однородных тел, центр тяжести совпадает с геометрическим центром тела);
- сила натяжения нити $\vec{T}$ и сила упругости $\vec{F}_{упр}$ приложены к точке крепления тела к нити или пружине;
- сила реакции опоры $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{тр}$ приложены к точкам соприкосновения тела к опоре.

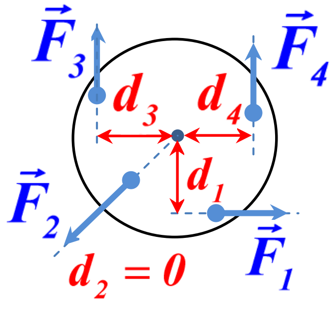
2. Если тело покоится, то ось вращения можно выбирать произвольно. Причём относительно любой оси вращения должно выполняться условие $\sum M_i = 0$. Поэтому, ось выбирают обычно так, чтобы через неё проходило как можно больше линий действия неизвестных сил.

При необходимости можно записать несколько уравнений моментов относительно разных осей.

Так как тело поступательно не движется, следовательно, относительно центра масс тела выполняется условие: $$\sum \vec{F}_i = 0 .$$

Итак,
- если тело неподвижно или вращается вокруг оси Z равномерно, то запишите основное уравнение динамики вращательного движения тела относительно оси Z в виде $\sum M_i = 0$;
- если тело вращается вокруг оси Z с ускорением, то запишите основное уравнение динамики вращательного движения тела в виде $$\sum M_i = I\varepsilon .$$

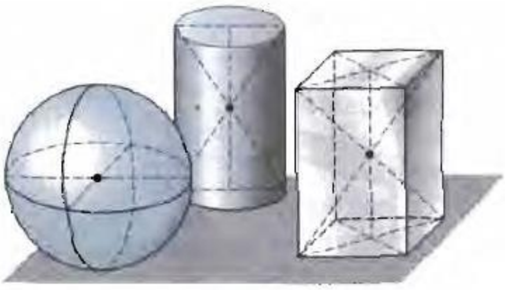
При этом правильно определяйте плечи сил d. Для этого опускайте перпендикуляр от оси вращения до линии действия силы.



Помните правило знаков для моментов сил:
моменты сил, которые пытаются повернуть тело по часовой стрелки, берутся в уравнении со знаком минус, а моменты сил, которые пытаются повернуть тело против часовой стрелки, берутся в уравнении со знаком плюс.

2. Решите полученную систему уравнений.

Центр тяжести тела



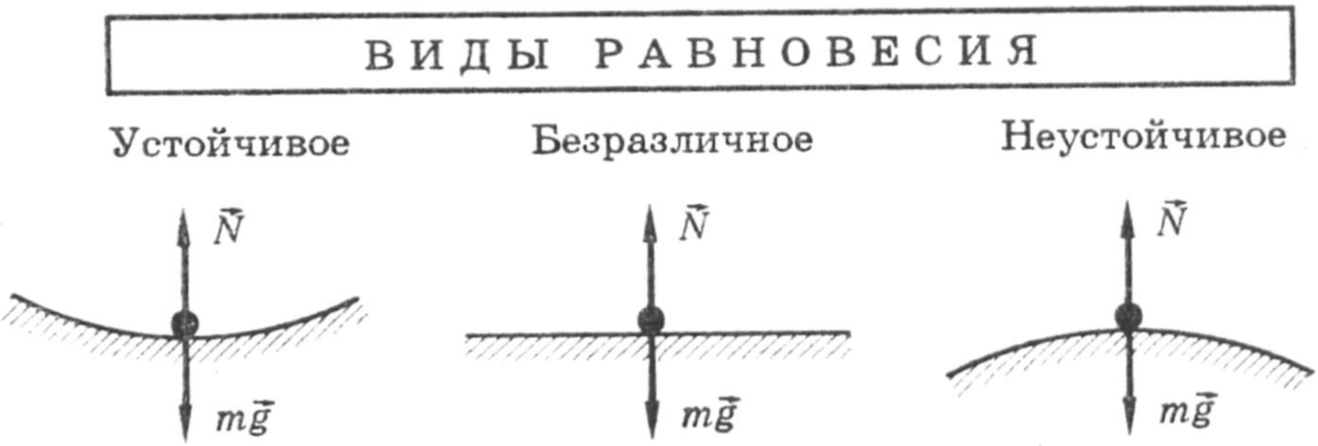
Центр тяжести однородных симметричных тел совпадает с геометрическим центром тела

Координаты центра тяжести системы материальных точек можно определить по формулам:

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{m_i}, \quad y_c = \frac{\sum m_i y_i}{m_i}, \quad z_c = \frac{\sum m_i z_i}{m_i},$$

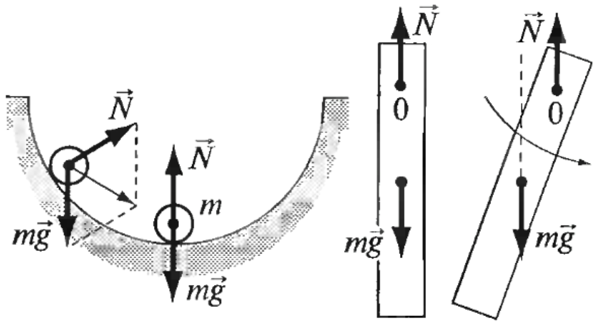
где m_i - масса i - той материальной точки; x_i , y_i , z_i - её координаты.

При вычислении потенциальной энергии протяжённого тела, необходимо определить высоту его центра тяжести h_c. Следует помнить, что центр тяжести у однородного симметричного тела совпадает с его геометрическим центром.

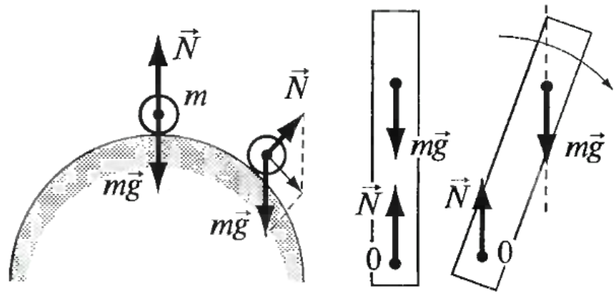


◆ Различают следующие виды равновесия:

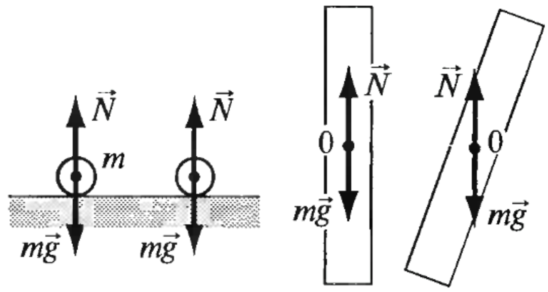
1. Устойчивое равновесие. При любых малых отклонениях тела от этого положения возникают силы или моменты сил, стремящиеся возвратить тело в исходное положение. В этом состоянии тело обладает минимумом потенциальной энергии по сравнению с ее значениями в ближайших точках.

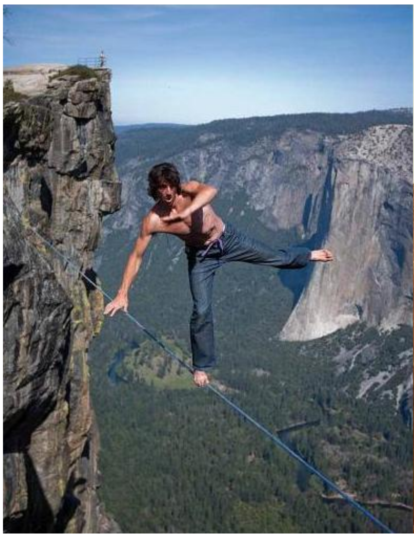


2. Неустойчивое равновесие. При любых малых отклонениях тела от этого положения возникают силы или моменты сил, стремящиеся еще больше удалить тело от исходного положения.



3. Безразличное равновесие. При любых изменениях положения тела оно остается в равновесии.





ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Механической системой *называется мысленно выделенная совокупность тел, рассматриваемых в условии данной задачи.*

Закон изменения импульса

В инерциальной системе отсчёта произведение векторной суммы всех внешних сил, действующих на тела механической системы $\sum \vec{F}_i^{\,внешних}$, *на время действия этих сил* t, *равно изменению импульса этой механической системы:*

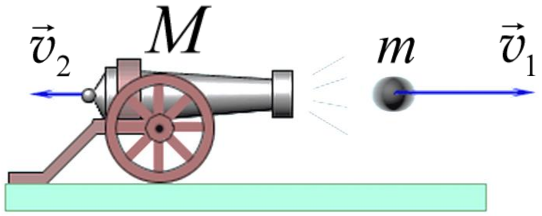
$$\left(\sum \vec{F}_i^{\,внешних}\right) t = \vec{p}_2 - \vec{p}_1,$$

где $\vec{p}_1 = \sum \vec{p}_{i1}$ - начальный импульс механической системы;

$\vec{p}_2 = \sum \vec{p}_{i2}$ - конечный импульс механической системы.

Закон сохранения импульса

В инерциальной системе отсчёта векторная сумма импульсов тел замкнутой механической системы остаётся постоянной как по величине, так и по направлению, при любых движениях и взаимодействиях тел системы:



$$\sum \vec{p}_{i1} = \sum \vec{p}_{i2},$$

где $\vec{p}_{i1}$ - начальный импульс i -го тела;

$\vec{p}_{i2}$ - конечный импульс i -го тела.

Замкнутой называется система тел, на которую не действуют внешние силы или векторная сумма всех внешних сил равна нулю.

Внешними называются силы, действующие на систему со стороны тел, не входящих в рассматриваемую систему.

Внутренними называются силы, действующие между телами самой системы.

Для незамкнутых механических систем закон сохранения импульса можно применить в следующих случаях:

1. если за рассматриваемый промежуток времени проекции всех внешних сил, действующих на систему, на какое-либо направление в пространстве равны нулю, то по этому направлению будет выполняться закон сохранения проекции импульса.

То есть, если $\sum F_{xi}^{внешних} = 0, \;\Rightarrow,\; \left(\sum p_{xi}\right)_{до} = \left(\sum p_{xi}\right)_{после},$

где $\left(\sum p_{xi}\right)_{до}$ - сумма проекций импульсов тел системы на ось ОХ до взаимодействия;

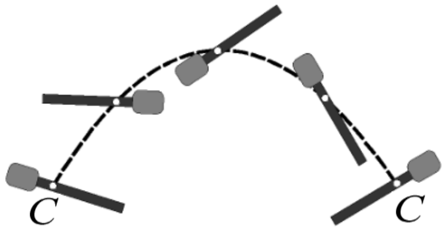
$\left(\sum p_{xi}\right)_{после}$ - сумма проекций импульсов тел системы на ось ОХ после взаимодействия;

2. если за рассматриваемый промежуток времени внутренние силы по величине много больше внешних сил (например, разрыв снаряда), либо очень мал промежуток времени Δt, в течение которого действуют внешние силы (например, удар), то закон сохранения импульса можно применить в векторном виде

$$\left(\sum \vec{p}_i\right)_{до} = \left(\sum \vec{p}_i\right)_{после},$$

Закон движения центра масс

В инерциальной системе отчёта центр масс механической системы движется как материальная точка, имеющая массу всей системы, на которую действует сила, равная векторной сумме всех внешних сил, действующих на тела этой механической системы:

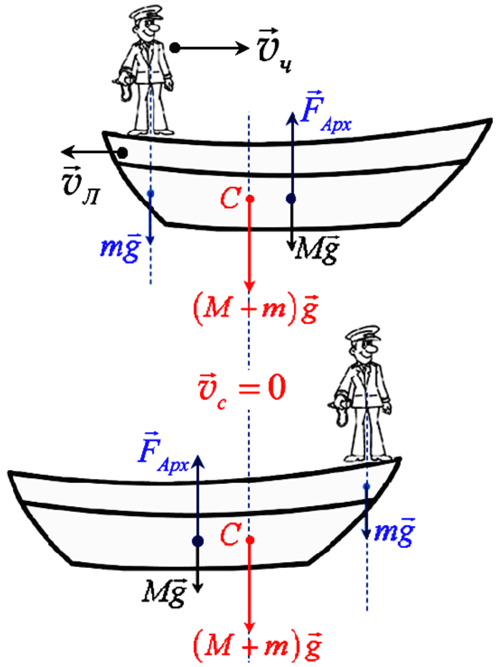


$$\sum \vec{F}_i^{\,внеш} = m\vec{a}_c \,,$$

где $\sum \vec{F}_i^{\,внеш}$ - векторная сумма всех внешних сил, действующих на тела механической системы, H;

m - масса всей системы, *кг*;

$\vec{a}_c$ - ускорение центра масс механической системы, $\frac{м}{c^2}$.



Закон движения центра масс замкнутой механической системы

В инерциальной системе отчёта центр масс замкнутой механической системы находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно при любых движениях и взаимодействиях тел системы:

$$\vec{a}_c = 0 \quad \text{или} \quad \vec{v}_c = const,$$

где $\vec{a}_c$ и $\vec{v}_c$ - ускорение и скорость центра масс механической системы.

Закон изменения момента импульса механической системы относительно неподвижной оси вращения

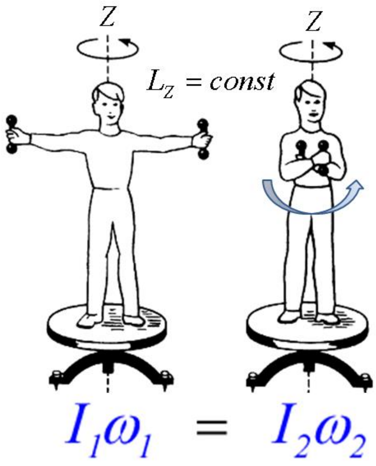
В инерциальной системе отсчёта произведение алгебраической суммы моментов всех внешних сил $\sum M_i^{внеш}$*, действующих на тела механической системы относительно неподвижной оси вращения Z, на время действия этих сил* t*, равно изменению момента импульса этой системы* $L_2 - L_1$ *относительно этой же оси вращения Z:*

$$\left(\sum M_i^{внеш}\right) t = L_2 - L_1,$$

где

$L_2 = \left(\sum L_i\right)_{после}$ - момент импульса системы после взаимодействия относительно оси вращения Z.

$L_1 = \left(\sum L_i\right)_{до}$ - момент импульса системы до взаимодействия относительно оси вращения Z.



Закон сохранения момента импульса механической системы относительно неподвижной оси вращения

В инерциальной системе отсчёта момент импульса замкнутой механической системы относительно неподвижной оси вращения Z не изменяется при любых движениях и взаимодействиях тел системы:

$$\left(\sum L_i\right)_{до} = \left(\sum L_i\right)_{после}.$$

Для незамкнутых механических систем закон сохранения момента импульса можно применить в следующих случаях:

1. если за рассматриваемый промежуток времени проекции моментов всех внешних сил, действующих на систему, на какую - либо ось Z в пространстве равны нулю, то на направление этой оси будет выполняться закон сохранения проекции момента импульса.

То есть, если $\sum M_i^{внешних} = 0, \;\Rightarrow,\; \left(\sum L_i\right)_{до} = \left(\sum L_i\right)_{после}$,

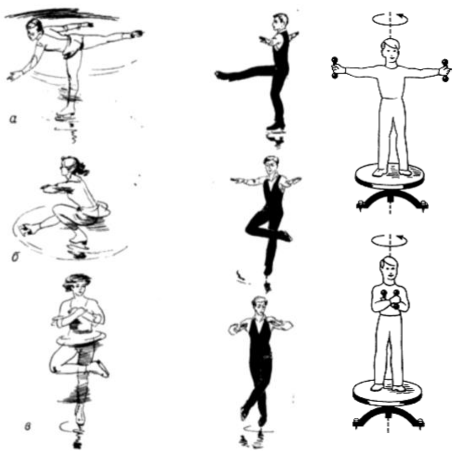
где

$\left(\sum L_i\right)_{до}$ - сумма проекций моментов импульсов тел системы на ось Z до взаимодействия;

$\left(\sum L_i\right)_{после}$ - сумма проекций моментов импульсов тел системы на ось Z после взаимодействия;

2. если за рассматриваемый промежуток времени момент внутренних сил по величине много больше момента внешних сил (например, разрыв снаряда), либо очень мал промежуток времени Δt, в течение которого действуют моменты внешних сил (например, удар), то закон сохранения момента импульса можно применить

в векторном виде $\left(\sum \vec{L}_i\right)_{до} = \left(\sum \vec{L}_i\right)_{после}$;



Во всех этих примерах выполняется закон сохранения момента импульса

Закон сохранения энергии

Одним из основных законов природы является закон сохранения энергии:

Энергия ниоткуда не возникает и никуда не исчезает, а лишь переходит от одного тела системы к другому или превращается из одного вида энергии в другой, причём так, что полная энергия изолированной системы остаётся постоянной.

$$W = E_К + E_П + U + W_{грав} + W_{магн} + W_{электр} + W_{ядерн} + \ldots = const,$$

где W - полная энергия системы (которая включает в себя все виды энергии системы), $Дж$;

$E_К$ - кинетическая энергия системы, $Дж$; $E_П$ - потенциальная энергия системы, $Дж$;

U - внутренняя энергия системы, $Дж$; $W_{ядерн}$ - ядерная энергия системы, $Дж$.

$W_{грав}$ - энергия гравитационного взаимодействия тел системы, $Дж$;

$W_{магн}$ - энергия магнитного взаимодействия тел системы, $Дж$;

$W_{электр}$ - энергия электрического взаимодействия тел системы, $Дж$;

Например, механическая энергия тел при их столкновении частично переходит в тепловую энергию (тела сначала нагреваются, а потом, остывая до температуры окружающей среды, выделяют тепловую энергию).

Часть энергии переходит в энергию звуковых волн (мы слышим удар), другая часть энергии затрачивается на работу по деформации тел и так далее.

Однако, если провести строгий баланс всей энергии, которая была непосредственно перед ударом, с той энергией, которая осталась после столкновения, выделилась в виде теплоты, пошла на деформацию тел и какие-либо другие явления, то окажется, что полная энергия системы не изменилась, она лишь претерпела некоторые изменения.

В этом и заключается важнейший закон природы - **закон сохранения энергии**.

Следует отметить, что полная энергия системы включает в себя все виды энергии. Этот закон является фундаментальным законом природы и выполняется всегда. Ещё ни разу не наблюдалось нарушения этого закона.

Обычно студенты при решении задач путают этот закон с законом сохранения полной механической энергии. Обратите на это внимание. Если Вы применяете для решения задачи ***закон сохранения энергии***, то должны кроме механической энергии проанализировать и все остальные виды энергии и доказать, что они не изменяются при переходе системы из одного состояния в другое.

Напомним, что

- кинетическая энергия системы $E_К$ изменяется, если меняются скорости тел системы;

- потенциальная энергия системы $E_П$ изменяется, если меняется масса системы или её конфигурация;

- внутренняя энергия системы U изменяется, если меняется масса или температура тел системы;

- энергия гравитационного взаимодействия тел системы $W_{грав}$ изменяется, если меняется масса системы или её конфигурация;

- энергия магнитного взаимодействия тел системы $W_{магн}$ изменяется, если меняются магнитные свойства системы или её конфигурация;

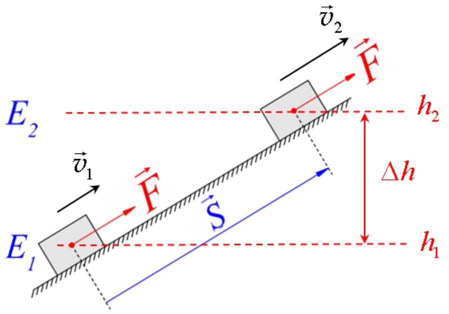
- энергия электрического взаимодействия тел системы $W_{электр}$ изменяется, если меняются заряды системы или её конфигурация;

- ядерная энергия системы $W_{ядерн}$ изменяется, если в системе происходят ядерные превращения.

— Егорыч, ты кем работаешь?
— Физиком-философом! Специализация — закон сохранения материи.
— Как это?!
— Текстильный склад охраняю!

Закон изменения полной механической энергии

В инерциальной системе отсчёта алгебраическая сумма работ всех неконсервативных сил, действующих на тела механической системы, равна изменению полной механической энергии тел этой системы:



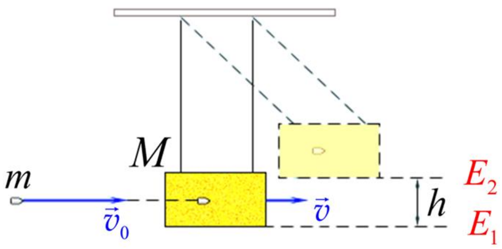
$$\sum A_i^{неконсервативных} = E_2 - E_1,$$

где E_1 - полная механическая энергия системы в начальном состоянии;

E_2 - полная механическая энергия системы в конечном состоянии.

Закон сохранения полной механической энергии

В инерциальной системе отсчёта полная механическая энергия системы, на тела которой действуют только консервативные силы или все действующие на систему неконсервативные силы работу не совершают, не изменяется с течением времени:



$$E_1 = E_2,$$

где E_1 - полная механическая энергия системы в начальном состоянии;

E_2 - полная механическая энергия системы в конечном состоянии.

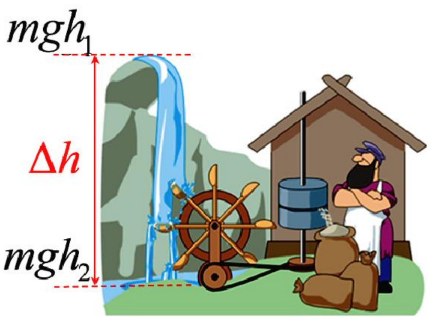
К консервативным силам относятся: $F_{грав}$, $F_{тяж}$, $F_{упр}$, $F_{кулона}$, $F_{арх}$.

К неконсервативным - все остальные силы.

Если в задаче требуется найти работу консервативной силы, то удобно применять теорему о потенциальной энергии.

Теорема о потенциальной энергии

Работа консервативной силы $A_{конс}$ *равна изменению потенциальной энергии тела или системы тел, взятому с противоположным знаком:*



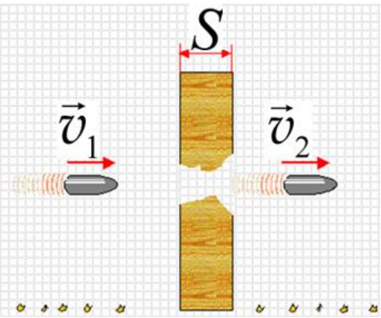
$$A_{конс} = -\left(E_{П2} - E_{П1}\right),$$

где $E_{П1}$ - потенциальная энергия системы в начальном состоянии;

$E_{П2}$ - потенциальная энергия системы в конечном состоянии.

Теорема о кинетической энергии

Изменение кинетической энергии тела равно сумме работ всех сил, действующих на это тело:



$$\sum A_i = E_{K2} - E_{K1},$$

где E_{K1} - кинетическая энергия тела в начальном состоянии;

E_{K2} - кинетическая энергия тела в конечном состоянии.

Следует помнить, что все законы сохранения и изменения необходимо записывать относительно одной и той же инерциальной системы отсчёта (обычно относительно поверхности Земли).

Виды ударов

Ударом называется кратковременное взаимодействие двух или более тел.

Упругим называется удар, при котором тела после взаимодействия движутся раздельно друг от друга.

Неупругим называется удар, при котором тела после взаимодействия движутся как единое целое, то есть с одной и той же скоростью.

При всех видах ударов происходят потери механической энергии системы сталкивающихся тел: часть энергии затрачивается на деформацию тел (возникают всякого рода вмятины, трещинки и т.д.), часть уносится звуковыми волнами (мы слышим удар), часть переходит в теплоту (тела при ударе нагреваются) и т. д.

Предельными случаями ударов являются **абсолютно упругий** и **абсолютно неупругий** удары, которые в чистом виде в природе не встречаются.

Идеализацией **абсолютно упругого удара** является тот факт, что при этом ударе механическая энергия системы не изменяется, а идеализацией **абсолютно неупругого удара** является тот факт, что все потери механической энергии, возникающие в результате удара, происходят только в виде теплоты.

Абсолютно упругий удар

1. выполняется закон сохранения импульса:

$$m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

2. закон сохранения полной механической энергии:

$$\frac{mv_{01}^2}{2} + \frac{mv_{02}^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

Абсолютно неупругий удар

1. выполняется закон сохранения импульса

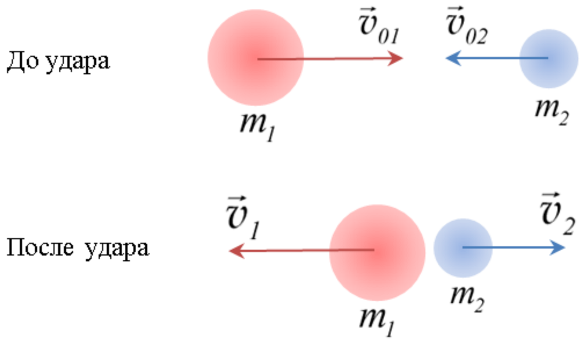
$$m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = (m_1 + m_2)\vec{v}$$

2. закон сохранения и превращения энергии:

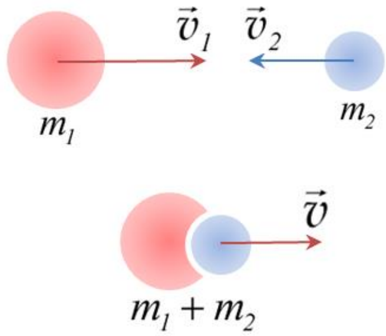
$$\frac{m_1v_{01}^2}{2} + \frac{m_2v_{02}^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} + \begin{cases} Q \\ \Delta U \end{cases},$$

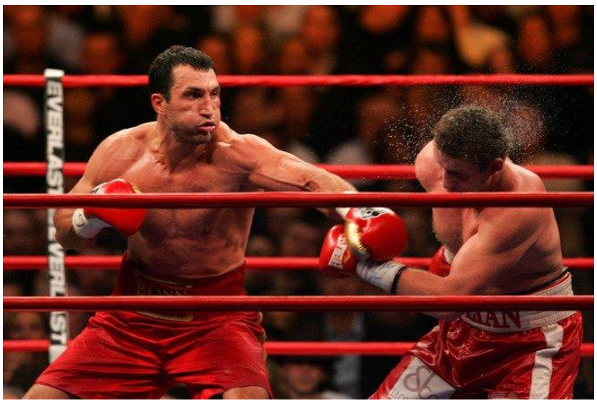
где Q – количество теплоты, выделившееся в результате удара,
ΔU – изменение внутренней энергии тел в результате удара.

упругий удар



неупругий удар





Упругий удар

Неупругий удар

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

(*эти законы применяются, когда все тела системы совершают поступательные движения*).

1. Сделайте два рисунка, на которых изобразите ситуацию, рассматриваемую в задаче, непосредственно перед взаимодействием и сразу после него. Здесь же укажите направления векторов скоростей или импульсов всех тел системы.

2. Проанализируйте все силы, действующие на тела механической системы в течение всего времени взаимодействия.

А) Если за рассматриваемый промежуток времени система была замкнута или взаимодействие происходило очень кратковременно (удар, разрыв снаряда, выстрел), то запишите закон сохранения импульса для рассматриваемой системы в векторном виде

$$\sum \vec{p}_{i1} = \sum \vec{p}_{i2},$$

где $\sum \vec{p}_{i1}$ - векторная сумма импульсов тел системы непосредственно перед взаимодействием;

$\sum \vec{p}_{i2}$ - векторная сумма импульсов тел системы сразу после взаимодействия.

Б) Если за рассматриваемый промежуток времени система была не замкнута, то запишите закон изменения импульса в виде $\left(\sum \vec{F}_i^{внешних}\right) t = \vec{p}_2 - \vec{p}_1,$

где $\sum \vec{F}_i^{внешних}$ - векторная сумма всех внешних сил, действующих на тела рассматриваемой механической системы; t - время действия сил на тела системы;

$\vec{p}_1 = \sum \vec{p}_{i1}$ - векторная сумма импульсов тел системы непосредственно перед взаимодействием;

$\vec{p}_2 = \sum \vec{p}_{i2}$ - векторная сумма импульсов тел системы сразу после взаимодействия.

Для незамкнутых механических систем закон сохранения импульса можно применить ещё в следующем случае:

- если за рассматриваемый промежуток времени проекции всех внешних сил, действующих на тела системы, на какое-либо направление в пространстве были равны нулю, то по этому направлению будет выполняться закон сохранения проекции импульса.

То есть, если $\sum F_{xi}^{внешних} = 0, \;\Rightarrow,\; \left(\sum p_{xi}\right)_{до} = \left(\sum p_{xi}\right)_{после},$

где $\left(\sum p_{xi}\right)_{до}$ - сумма проекций импульсов тел системы на ось OX до взаимодействия;

$\left(\sum p_{xi}\right)_{после}$ - сумма проекций импульсов тел системы на ось OX после взаимодействия;

3. Выберите подходящую систему координат и спроецируйте векторные уравнения на оси координат. При этом помните, что импульсы всех тел должны быть записаны относительно одной и той же системы координат (обычно относительно поверхности Земли).

4. Решите полученную систему уравнений. При необходимости её можно дополнить уравнениями динамики или кинематики.

Закон сохранения импульса связывает начальное и конечное значения импульса системы при ***её поступательном движении*** и позволяет ***исключить из рассмотрения внутренние силы***, возникающие во время взаимодействия, так как они изменить импульс системы не могут.

К таким задачам, например, относятся задачи на выстрелы, разрывы снарядов или удары тел, а так же движение одних тел по поверхности других.

При решении задач на удары следует помнить, что если удар абсолютно упругий и трение между соприкасающимися телами отсутствует, то скорость тела в результате удара об упругую поверхность не изменяется по величине. При этом угол падения тела α на поверхность равен углу отражения β. Таким образом, скорость тела после отражения от упругой поверхности направлена под тем же углом, под которым оно на поверхность падало.

При абсолютно неупругом ударе двух тел, движущихся навстречу друг другу, скорость их совместного движения будет направлена в ту сторону, куда до столкновения двигалось тело с большим импульсом.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА

(*эти законы применяются, если в рассматриваемой системе есть хотя бы одно тело, которое участвует во вращательном движении*)

1. Сделайте два рисунка, на которых изобразите ситуацию, рассматриваемую в задаче непосредственно перед взаимодействием и сразу после него. Здесь же укажите направления векторов линейных и угловых скоростей или моментов импульсов всех тел системы.
2. Проанализируйте моменты всех внешних сил, действующих на тела системы в течение всего времени взаимодействия.

А) Если за рассматриваемый промежуток времени моменты всех внешних сил относительно оси вращения *Z* были не скомпенсированы, то запишите закон изменения момента импульса относительно этой оси *Z* в виде

$$\left(\sum M_i^{внешних}\right)t = L_2 - L_1,$$

где $\sum M_i^{внешних}$ - сумма моментов всех внешних сил, действующих на тела системы, относительно оси вращения *Z;*

t - время действия внешних сил;

$L_1 = \left(\sum L_i\right)_{до}$ - момент импульса системы непосредственно до взаимодействия;

$L_2 = \left(\sum L_i\right)_{после}$ - момент импульса системы сразу после взаимодействия.

Б) Если за рассматриваемый промежуток времени моменты всех внешних сил относительно оси вращения *Z* были скомпенсированы или взаимодействие происходило очень кратковременно (удар, разрыв снаряда, выстрел), то запишите закон сохранения момента импульса относительно выбранной оси в виде

$$\left(\sum L_i\right)_{до} = \left(\sum L_i\right)_{после}.$$

Если за рассматриваемый промежуток времени проекции моментов всех внешних сил, действующих на систему, на какую - либо ось Z в пространстве были равны нулю, то запишите закон сохранения проекции момента импульса на направление этой оси:

$$\left(\sum L_i\right)_{до} = \left(\sum L_i\right)_{после},$$

где $\left(\sum L_i\right)_{до}$ - сумма проекций моментов импульсов тел системы на ось Z непосредственно до взаимодействия;

$\left(\sum L_i\right)_{после}$ - сумма проекций моментов импульсов тел системы на ось Z сразу после взаимодействия.

При этом помните, что моменты всех сил и моменты импульсов всех тел системы должны быть записаны относительно одной и той же оси вращения Z.

4. Решите полученную систему уравнений. При необходимости её можно дополнить уравнениями динамики или кинематики.

Законы сохранения или изменения момента импульса связывают начальное и конечное значения момента импульса системы ***при её вращательном движении*** и ***позволяют исключить из рассмотрения внутренние силы,*** которые изменить момент импульса всей системы не могут.

К таким задачам, например, относятся задачи на выстрелы, разрывы снарядов или удары тел.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

1. Сделайте рисунок, на котором укажите начальные и конечные положения тел системы, а также их скорости в начальном и конечном положениях. Укажите начальный уровень отсчёта потенциальной энергии (обычно он выбирается по самой нижней точке траектории тела или от положения равновесия системы).
2. Проанализируйте все силы, действующие на тела системы за рассматриваемый промежуток времени.

А) Если за рассматриваемый промежуток времени на тела системы действуют только консервативные силы ($F_{грав}, F_{тяж}, F_{упр}, F_{кулона}, F_{арх}$) или все действующие на систему неконсервативные силы не совершают работу за этот промежуток времени, то запишите закон сохранения полной механической энергии для рассматриваемой системы в виде

$$E_1 = E_2.$$

Б) Если за рассматриваемый промежуток времени на тела системы действуют неконсервативные силы, которые совершают работу над телами системы, то запишите закон изменения полной механической энергии в виде $$\sum A_i^{неконс} = E_2 - E_1,$$

где $\sum A_i^{неконс}$ - сумма работ всех неконсервативных сил, действующих на тела механической системы;

$E_1 = E_{K1} + E_{П1}$ - полная механическая энергия системы в начальный момент времени;

$E_2 = E_{K2} + E_{П2}$ - полная механическая энергия системы в конечный момент времени.

При этом помните, что скорости всех тел и работы всех сил должны быть записаны и рассчитаны относительно одной и той же системы координат (обычно относительно поверхности Земли).
3. Распишите работу всех сил и полную механическую энергию тел системы в начальном и конечном положениях.
4. Решите полученную систему уравнений. При необходимости её можно дополнить уравнениями динамики или кинематики.

Некоторая группа задач (обычно это задачи на движение одного тела по поверхности другого, между которыми отсутствуют силы трения) для их решения требует одновременного применения закона сохранения импульса и закона полной механической энергии. Эти законы вместе с уравнениями динамики составляют полную систему уравнений, необходимых для решения данной задачи.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Если в задаче требуется найти работу консервативной силы ($F_{грав}, F_{тяж}, F_{упр}, F_{кулона}, F_{арх}$), то удобно применять теорему о потенциальной энергии. В этом случае алгоритм решения задачи следующий:

1. сделайте рисунок, на котором укажите начальное и конечное положения тела, а также выберите начальный уровень отсчёта потенциальной энергии;
2. запишите теорему о потенциальной энергии: $A_{конс} = -\left(E_{П2} - E_{П1}\right)$,

где $A_{конс}$ - работа консервативной силы, действующей на тело;

$E_{П1}$ - потенциальная энергия тела в начальный момент времени;

$E_{П2}$ - потенциальная энергия тела в конечный момент времени,

3. решите данное уравнение.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ О КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

1. Сделайте рисунок, на котором укажите начальные и конечные положения тел системы, а также их скорости в начальном и конечном положениях.
2. Проанализируйте все силы, действующие на тела механической системы за рассматриваемый промежуток времени.
3. Запишите теорему о кинетической энергии в виде $\sum A_i = E_{К2} - E_{К1}$,

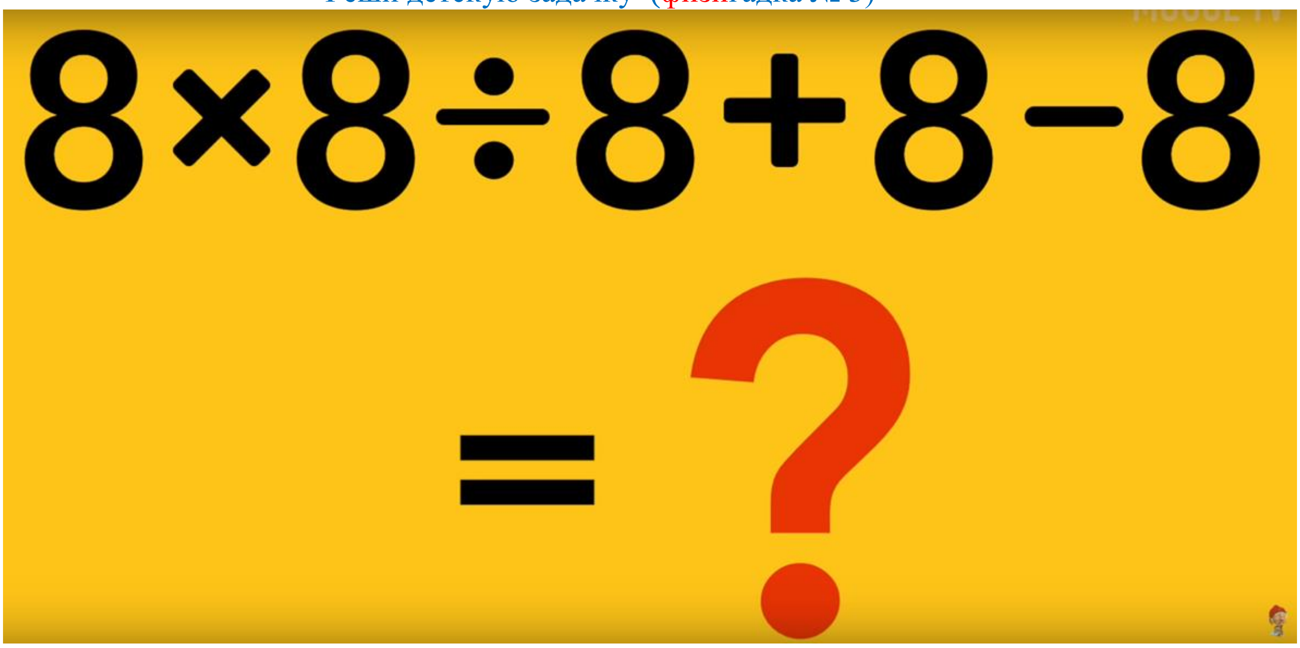
где $\sum A_i$ - сумма работ всех сил, действующих на тела механической системы;

$E_{К1}$ - кинетическая энергия системы в начальный момент времени;

$E_{К2}$ - кинетическая энергия системы в конечный момент времени.

4. Распишите работу всех сил и кинетическую энергию тел системы в начальном и конечном положениях.
5. Решите полученную систему уравнений.

Реши детскую задачку (физигадка № 3)



Ответ на физигадка № 3 ищи на следующих страницах

Законы изменения в неинерциальных системах отсчёта

Так как силы инерции всегда являются силами внешними, следовательно, в неинерциальных системах отсчёта не выполняются законы сохранения импульса, момента импульса и полной механической энергии. Однако если учесть силы инерции, то будут справедливы следующие законы изменения.

Закон изменения импульса механической системы в неинерциальной системе отсчёта

В неинерциальной системе отсчёта произведение векторной суммы всех внешних сил, действующих на тела механической системы $\sum \vec{F}_i$ *с учётом всех сил инерции* $\sum \vec{F}_{i\ инерц}$ *,на время действия этих сил* t *, равна изменению импульса этой механической системы:*

$$\left(\sum \vec{F}_i + \sum \vec{F}_{i\ инерц}\right) t = \vec{p}_2 - \vec{p}_1,$$

$\sum \vec{F}_i$ - векторной суммы всех внешних сил, действующих на тела механической системы,

$\sum \vec{F}_{i\ инерц}$ - векторной суммы всех сил инерции, действующих на тела механической системы,

t - время действия этих сил,

$\vec{p}_2$ - импульс системы в конечном состоянии,

$\vec{p}_1$ - импульс системы в начальном состоянии.

Закон изменения момента импульса механической системы в неинерциальной системе отсчёта

В неинерциальной системе отсчёта произведение алгебраической суммы моментов всех внешних сил, действующих на тела механической системы $\sum M_i$ *с учётом всех сил инерции* $\sum M_{i\ инерц}$ *относительно неподвижной оси вращения* Z*, на время действия этих сил* t *, равна изменению момента импульса этой механической системы относительно той же оси вращения* Z*:*

$$\left(\sum M_i + \sum M_{i\ инерц}\right) t = L_2 - L_1,$$

$\sum M_i$ - алгебраической суммы моментов всех внешних сил, действующих на тела механической системы, относительно оси Z,

$\sum M_{i\ инерц}$ - алгебраической суммы моментов всех сил инерции, действующих на тела механической системы, относительно оси Z,

t - время действия этих сил,

L_2 - момент импульс системы в конечном состоянии,

L_1 - импульс системы в начальном состоянии.

Закон изменения полной механической энергии системы в неинерциальной системе отсчёта

В неинерциальной системе отсчёта алгебраическая сумма работ всех неконсервативных сил, действующих на тела механической системы с учётом работы всех сил инерции, равна изменению полной механической энергии этой механической системы:

$$\sum A_{i\ неконсерв} + \sum A_{i\ инерц} = E_2 - E_1,$$

$\sum A_{i\ неконсерв}$ - алгебраическая сумма работ всех неконсервативных сил, действующих на тела механической системы,

$\sum A_{i\ инерц}$ - алгебраическая сумма работ всех сил инерции, действующих на тела механической системы,

E_2 - полная механическая энергия системы в конечном состоянии,

E_1 - полная механическая энергия системы в начальном состоянии.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСА В НЕИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЁТА

1.Сделайте два рисунка, на которых изобразите ситуацию, рассматриваемую в задаче непосредственно до взаимодействия и сразу после взаимодействия. Здесь же укажите направления векторов скоростей или импульсов всех тел системы,

2.проанализируйте все силы, включая и силы инерции, действующие на тела системы в момент взаимодействия.

3. Запишите закон изменения импульса в виде: $\left(\sum \vec{F}_i + \sum \vec{F}_{i\ инерц}\right)t = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$.

3. Выберите подходящую неинерциальную систему координат и спроецируйте векторные уравнения на оси координат.

(при этом следует помнить, что импульсы всех тел должны быть записаны относительно одной и той же неинерциальной системы координат,

4. решите полученную систему уравнений (при необходимости её дополните уравнениями динамики или кинематики).

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА

1. Сделайте два рисунка, на которых изобразите ситуацию, рассматриваемую в задаче непосредственно перед взаимодействием и сразу после него. Здесь же укажите направления векторов линейных и угловых скоростей или моментов импульсов всех тел системы.

2. Проанализируйте моменты всех внешних сил с учётом сил инерции, действующих на тела системы в течение всего времени взаимодействия.

3. Запишите закон изменения момента импульса относительно этой оси Z в виде

$$\left(\sum M_i + \sum M_{i\ инерц}\right)t = L_2 - L_1,$$

$\sum M_i$ - алгебраической суммы моментов всех внешних сил, действующих на тела механической системы, относительно оси Z,

$\sum M_{i\ инерц}$ - алгебраической суммы моментов всех сил инерции, действующих на тела механической системы, относительно оси Z, t - время действия этих сил,

L_2 - момент импульс системы в конечном состоянии,

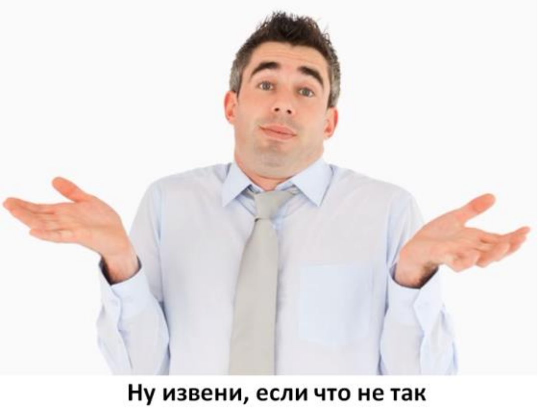
L_1 - импульс системы в начальном состоянии.

При этом помните, что моменты всех сил и моменты импульсов всех тел системы должны быть записаны относительно одной и той же оси вращения Z.

4. Решите полученную систему уравнений. При необходимости её можно дополнить уравнениями динамики или кинематики.

Закон изменения момента импульса связывает начальное и конечное значения момента импульса системы ***при её вращательном движении*** и ***позволяет исключить из рассмотрения внутренние силы,*** которые изменить момент импульса всей системы не могут.

К таким задачам, например, относятся задачи на выстрелы, разрывы снарядов или удары тел.



Ну извени, если что не так

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В НЕИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЁТА

1. сделайте рисунок, на котором укажите начальное и конечное положение тела, а также его скорость в начальном и конечном положениях. Выберите начальный уровень отсчёта потенциальной энергии (обычно он выбирается по самой нижней точке траектории тела или от положения равновесия системы).

2. Проанализируйте все силы, действующие на тела системы за рассматриваемый промежуток времени.

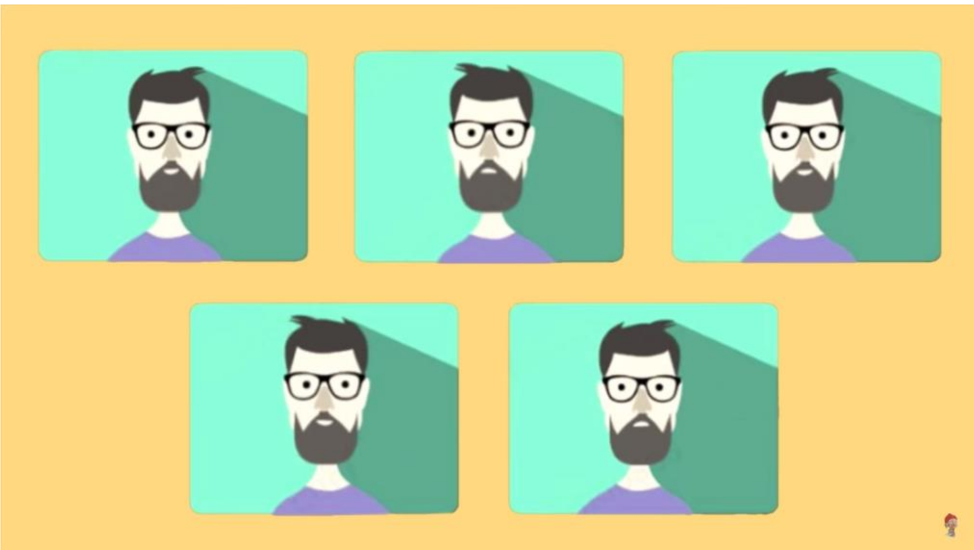
3. Запишите закон изменения полной механической энергии в виде:

$$\sum A_{i\,неконсерв} + \sum A_{i\,инерц} = E_2 - E_1.$$

(при этом следует помнить, что скорости всех тел и работы всех сил должны быть записаны относительно одной и той же неинерциальной системы координат.

3. Распишите работы всех сил и полную механическую энергию в начальном и конечном положениях.

4. Решите полученную систему уравнений (при необходимости её дополните уравнениями динамики или кинематики).



Найди двух одинаковых человечков

Математическое приложение

Действия над векторами

В физике приходится иметь дело со скалярными и векторными величинами. Так как математические правила действий над ними различные, то необходимо понимать разницу между ними и уметь правильно с ними работать.

В отличие от скалярных величин (температура, высота, масса, координата и т.д.) векторные величины (скорость, ускорение, сила, импульс и т.д.) характеризуются тремя параметрами: модулем (или величиной), направлением и положением в пространстве.

Векторные величины, как и скалярные, можно складывать, вычитать и умножать, но по другим правилам, которые мы сейчас рассмотрим.

Сложение векторов

Складывать вектора можно двумя способами: методом треугольника и методом параллелограмма.

- Чтобы сложить вектора $\vec{a}$ и $\vec{b}$ методом треугольника необходимо выполнить следующие действия:

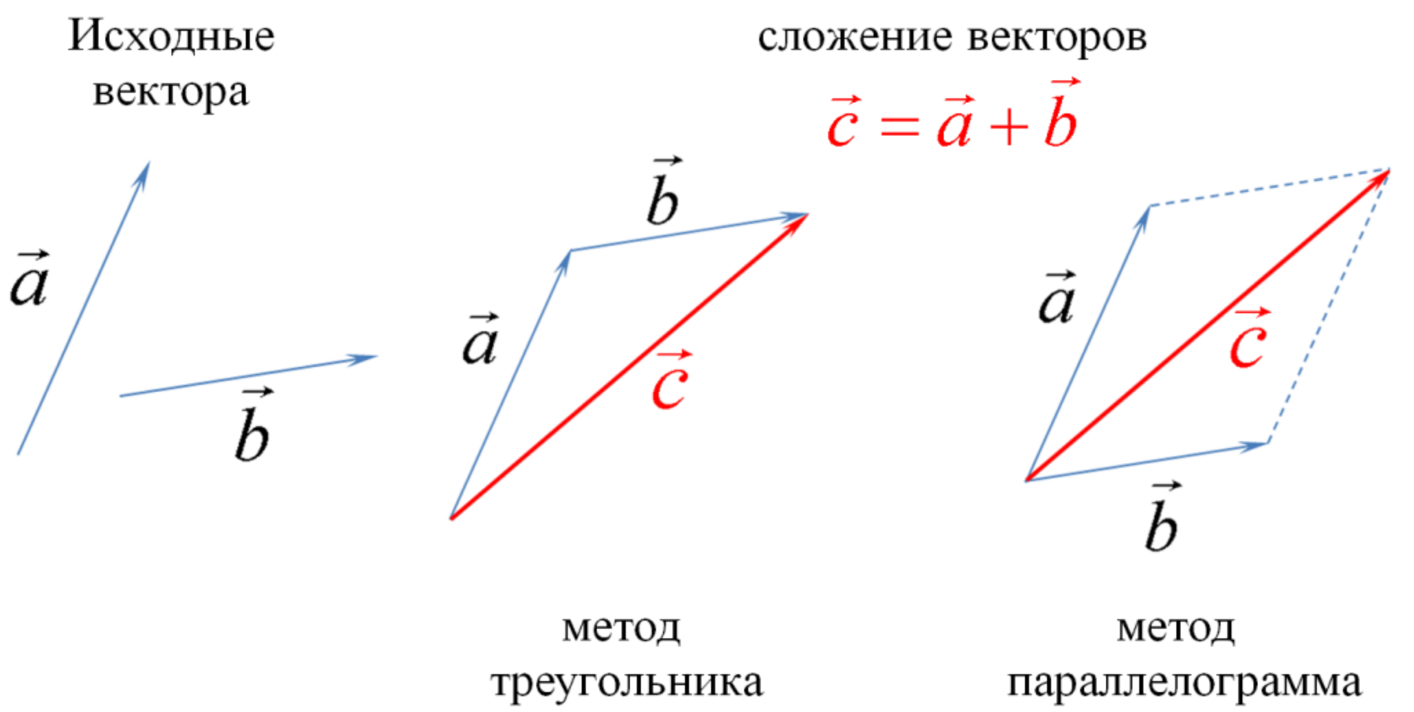
1) параллельным переносом соединяем конец второго вектора $\vec{b}$ с началом первого вектора $\vec{a}$,

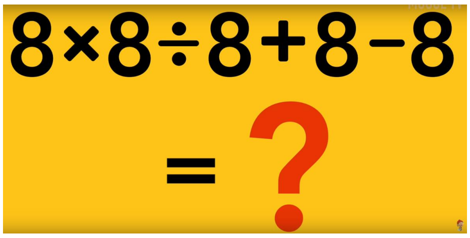
2) проводим вектор из начала первого вектора $\vec{a}$ в конец второго $\vec{b}$. Это и будет результирующий вектор $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.

- Чтобы сложить вектора $\vec{a}$ и $\vec{b}$ методом параллелограмма необходимо выполнить следующие действия:

1) параллельным переносом соединяем начала векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$,

2) достраиваем параллелограмм на векторах $\vec{a}$ и $\vec{b}$ и проводим диагональ параллелограмма из начала векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$ в противоположный угол. Это и будет результирующий вектор $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$





Ответ на физигадку № 3 (стр. 94)

Ответ: 8

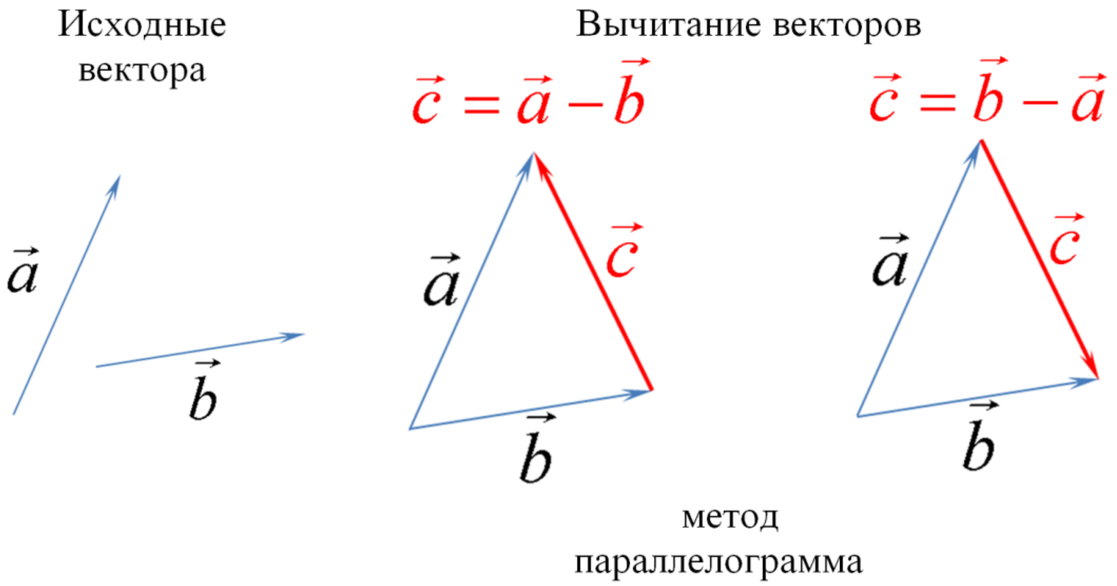
Сначала выполняется умножение и деление, а потом сложение и вычитание.

Вычитание векторов

Вычитают вектора обычно методом параллелограмма.

- Чтобы вычесть вектора $\vec{a}$ и $\vec{b}$ методом параллелограмма необходимо выполнить следующие действия:

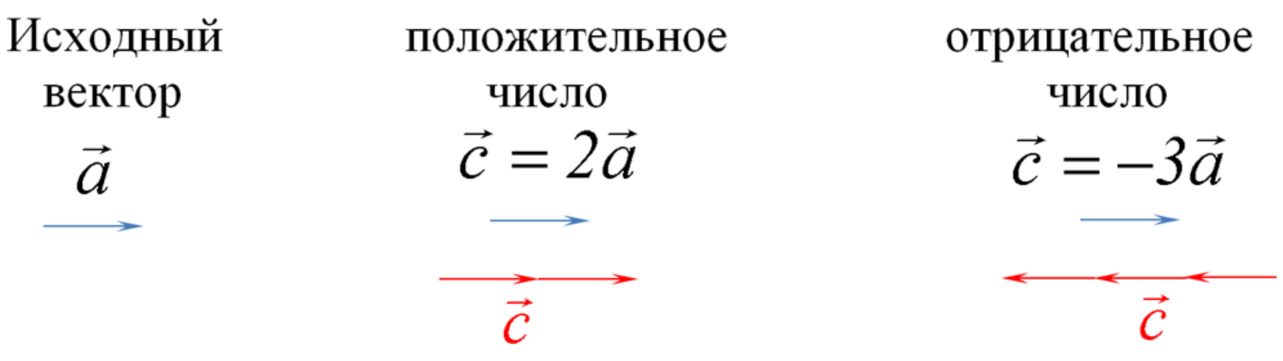
1) параллельным переносом соединяем начала векторов $\vec{a}$ и $\vec{b}$,
2) проводим вектор из конца вычитаемого вектора в конец уменьшаемого вектора. Это и будет результирующий вектор $\vec{c}=\vec{a}-\vec{b}$ или $\vec{c}=\vec{b}-\vec{a}$ (см. рисунок).



Умножение вектора на число

Чтобы умножить вектор на число необходимо выполнить следующие действия:

1)если число положительное, то результирующий вектор оказывается со направленным с вектором $\vec{a}$, а его длина равна $k\vec{a}$,
2) если число отрицательное, то результирующий вектор оказывается противоположно направленным с вектором $\vec{a}$, а его длина равна $k\vec{a}$ (см. рисунок)



Проекция вектора на ось координат

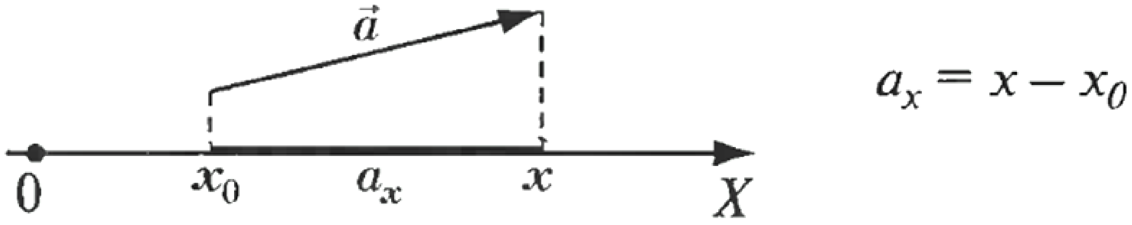
По определению ***проекцией вектора*** $\vec{a}$ *называется скалярная величина равная*

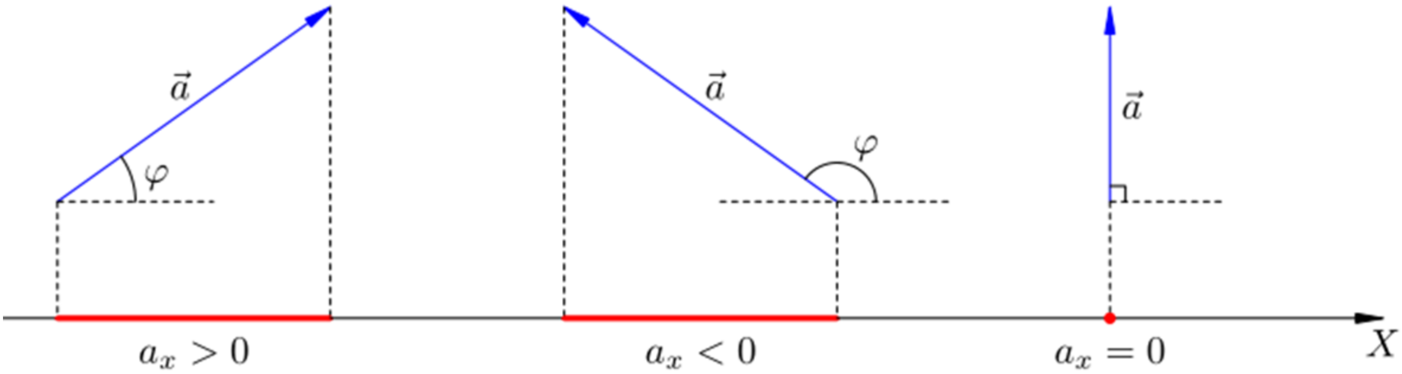
$$a = |\vec{a}| \cos\varphi,$$

где $|\vec{a}|$ - модуль вектора $\vec{a}$, φ - угол между положительным направлением оси и вектором $\vec{a}$.

Графически проекция вектора $\vec{a}$ на ось координат равна расстоянию между проекциями начала и конца вектора $\vec{a}$.

Чтобы найти проекции начала и конца вектора $\vec{a}$ надо опустить из них перпендикуляры на данную ось (см. рисунок).

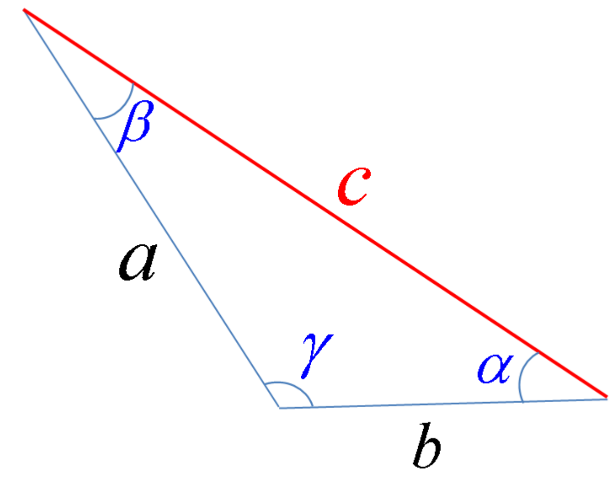




Проекция любого вектора может быть положительной, отрицательной или равной нулю.

- если от проекции начала вектора к проекции конца вектора приходится идти в положительном направлении оси, то проекция вектора считается положительной (то есть вектор наклонён по направлению оси),
- если от проекции начала вектора к проекции конца вектора приходится идти в отрицательном направлении оси, то проекция вектора считается отрицательной (то есть вектор наклонён против направления оси),
- если вектор расположен перпендикулярно оси, то проекция вектора на эту ось равна нулю.

Произвольный треугольник



Теорема косинусов

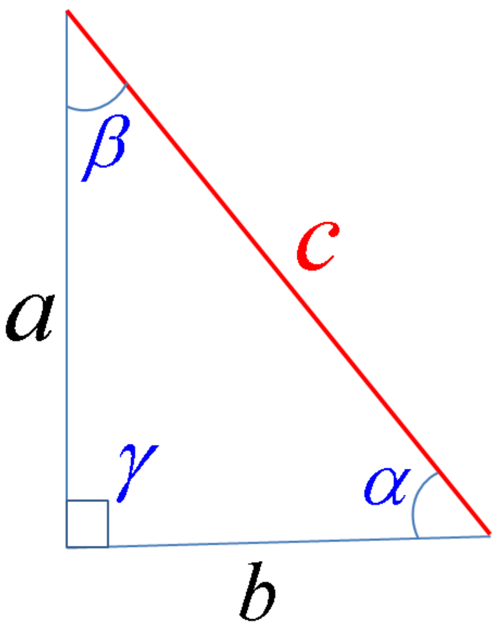
Квадрат стороны треугольника равен сумме квадратов двух других сторон, без удвоенного произведения этих сторон на косинус угла между ними:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$

Теорема синусов

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$$

Прямоугольный треугольник



Теорема Пифагора

Квадрат гипотенузы прямоугольного треугольника равен сумме квадратов двух его сторон

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Катет прямоугольного треугольника равен гипотенузе, умноженной на <u>к</u>осинус <u>к</u>асающегося этой стороны угла или на синус противолежащего угла.

$$a = c\cos\beta = c\sin\alpha \quad \text{или} \quad b = c\cos\alpha = c\sin\beta$$

(обращаю внимание, что в этой формулировке слова *косинус* и *касающийся* начинаются с одной и той же буквы *к*).

Катет прямоугольного треугольника равен другому катету, умноженному на <u>к</u>отангенс <u>к</u>асающегося этой стороны угла или на тангенс противолежащего угла.

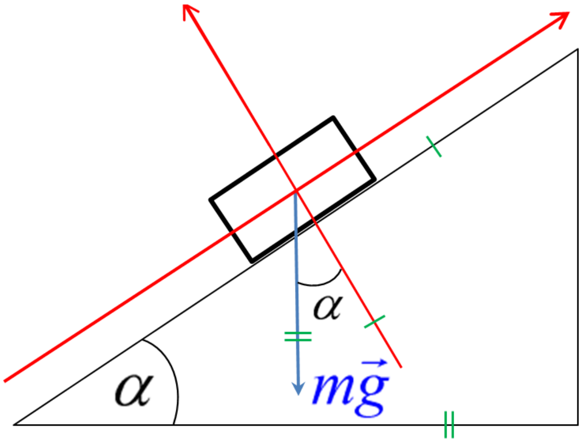
$$b = a\,ctg\alpha = a\,tg\beta \quad \text{или} \quad a = b\,ctg\beta = b\,tg\alpha$$

(обращаю внимание, что в этой формулировке слова *котангенс* и *касающийся* начинаются с одной и той же буквы *к*).

Таблица синусов и косинусов

α	0	30	45	60	90	180
sin α	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0
cos α	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1
sin α	$\frac{\sqrt{0}}{2}$	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{4}}{2}$	

Обращаю внимание на последнюю строчку таблицы. Закономерность предложенного ряда очевидна и легко запоминается. Если при этом помнить, что cos является дополнением к sin до 90°, то есть cos 60° = sin 30° , cos 90° = sin 0° и т. д., то запомнить остаётся лишь значения sin основных углов.



Теорема о взаимно перпендикулярных сторонах двух треугольников

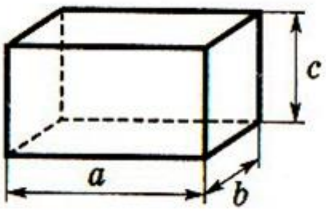
Углы между двумя взаимно перпендикулярными сторонами двух треугольников равны

Действия над степеням

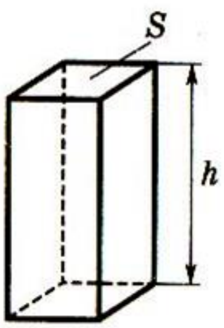
$$10^{a} \cdot 10^{b} = 10^{a+b} \qquad \frac{10^{a}}{10^{b}} = 10^{a-b} \qquad \left(10^{a}\right)^{b} = 10^{a \cdot b}$$

ПРИСТАВКИ И МНОЖИТЕЛИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕСЯТИЧНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

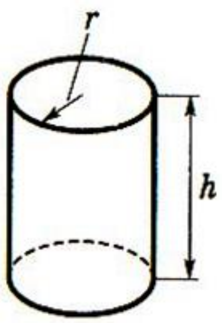
Приставка	Символ		Множитель	Приставка	Символ		Множитель
	Международный	Русский			Международный	Русский	
экса	E	Э	10^{18}	деци	d	д	10^{-1}
пета	P	П	10^{15}	санти	c	с	10^{-2}
тера	T	Т	10^{12}	милли	m	м	10^{-3}
гига	G	Г	10^{9}	микро	μ	мк	10^{-6}
мега	M	М	10^{6}	нано	n	н	10^{-9}
кило	k	к	10^{3}	пико	p	п	10^{-12}
гекто	h	г	10^{2}	фемто	f	ф	10^{-15}
дека	da	да	10	атто	a	а	10^{-18}



$$V = abc$$

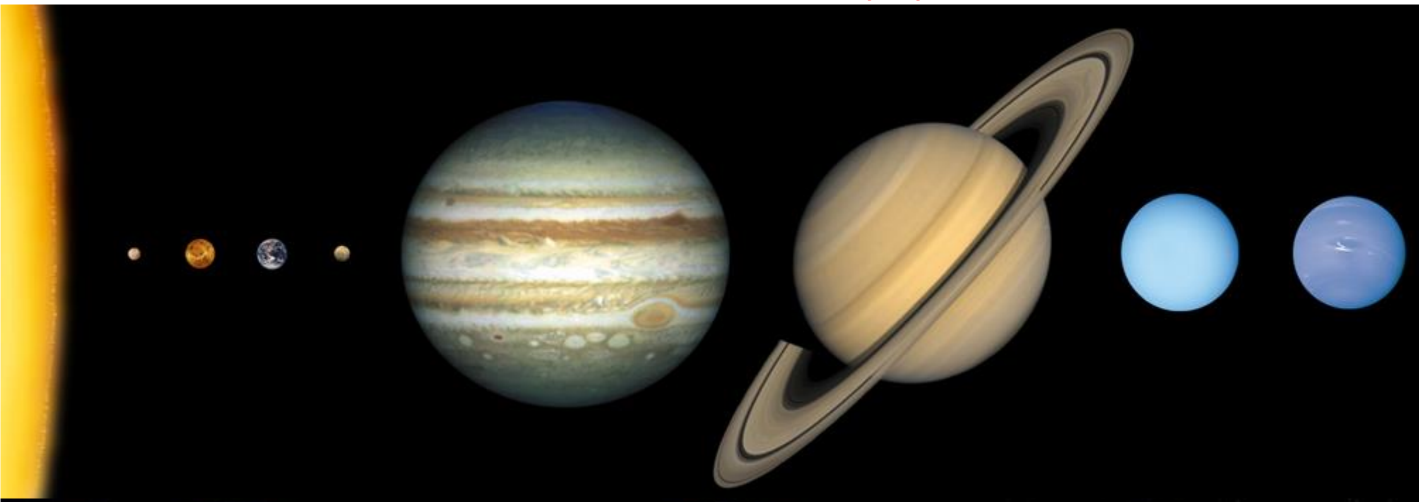


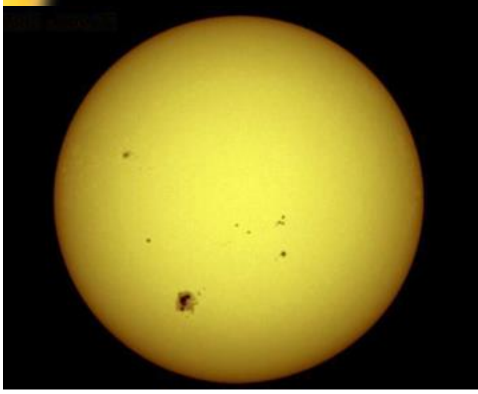
$$V = Sh$$



$$V = \pi r^2 h$$

Люби космос, за ним будущее!!!



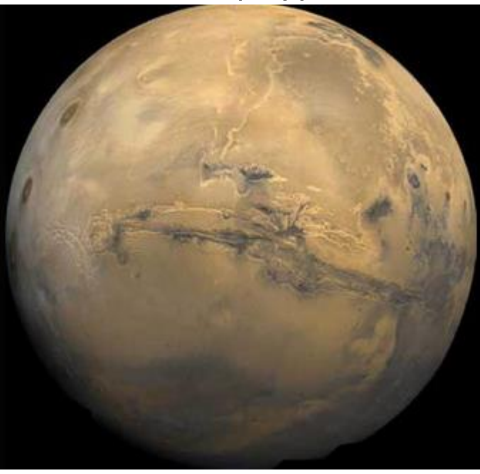


Солнце

Меркурий

Венера

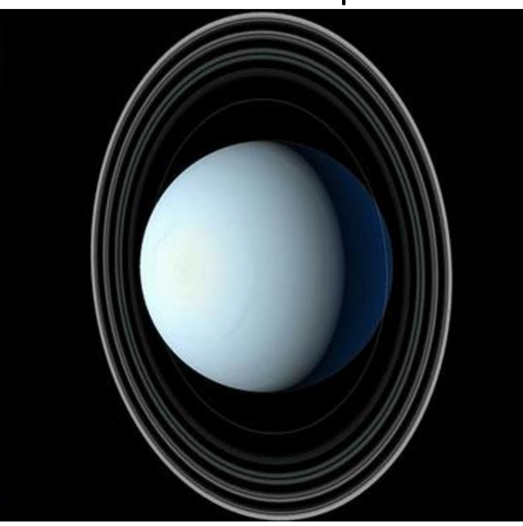
Земля



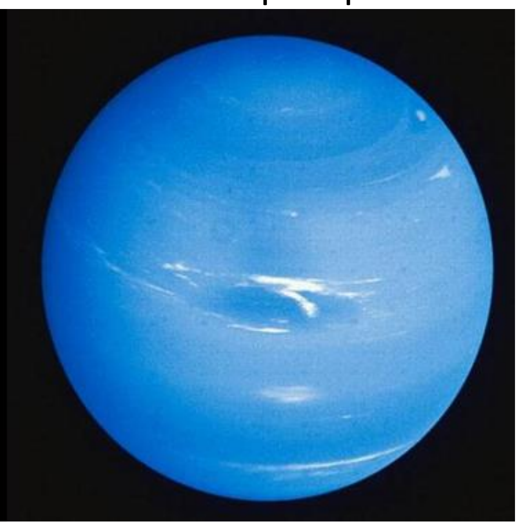
Марс

Юпритер

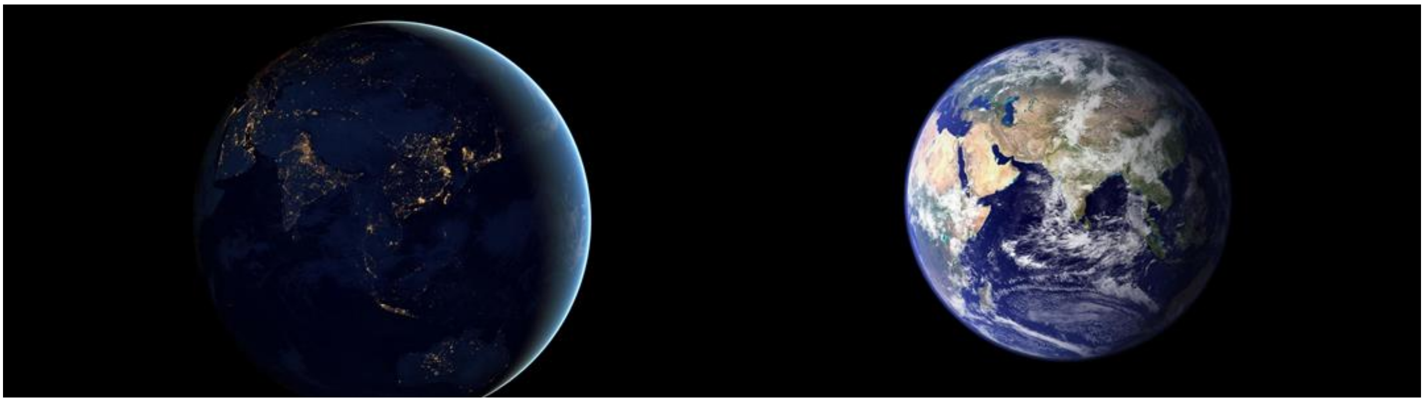
Сатурн

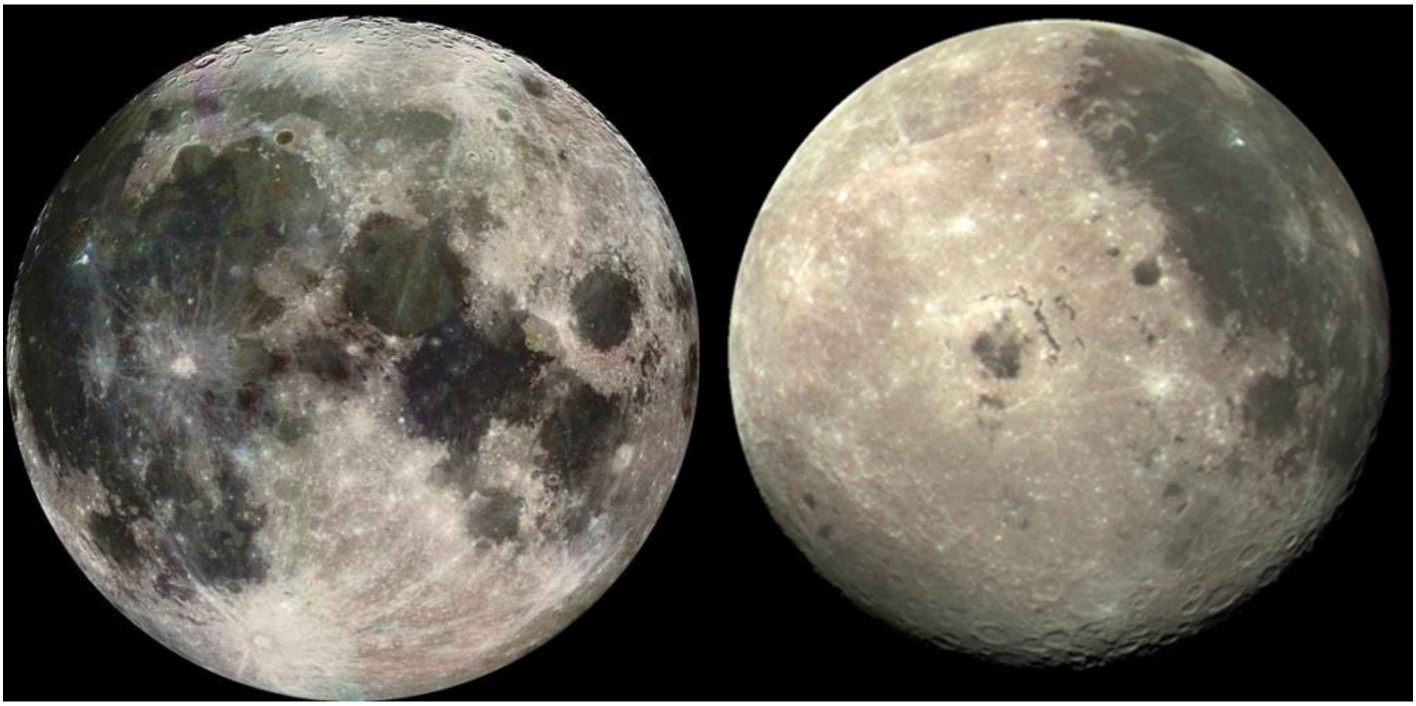


Уран

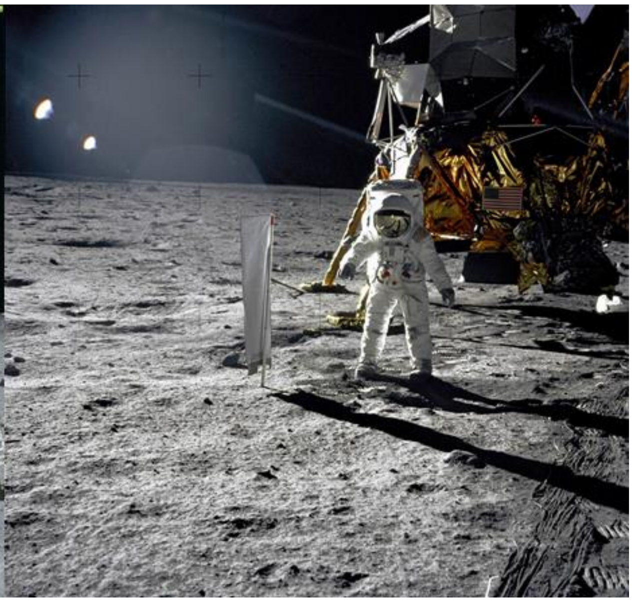


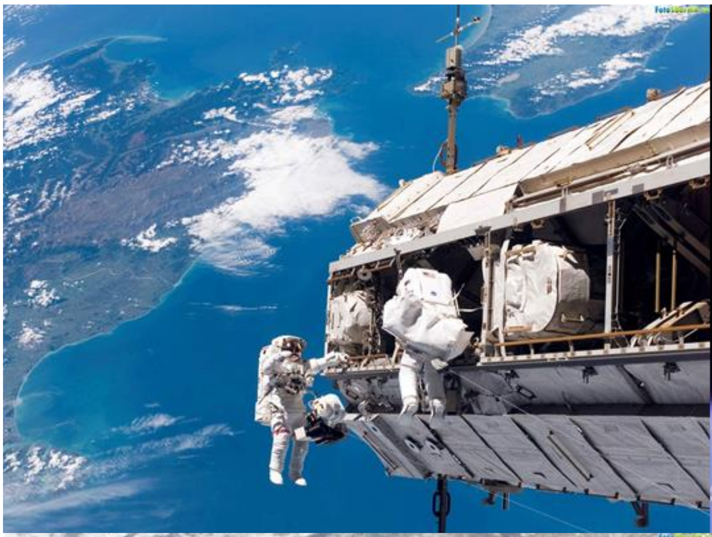
Нептун

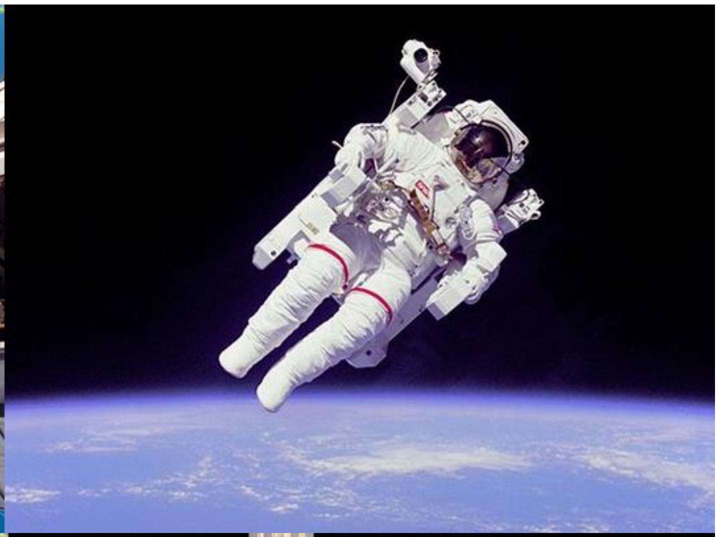


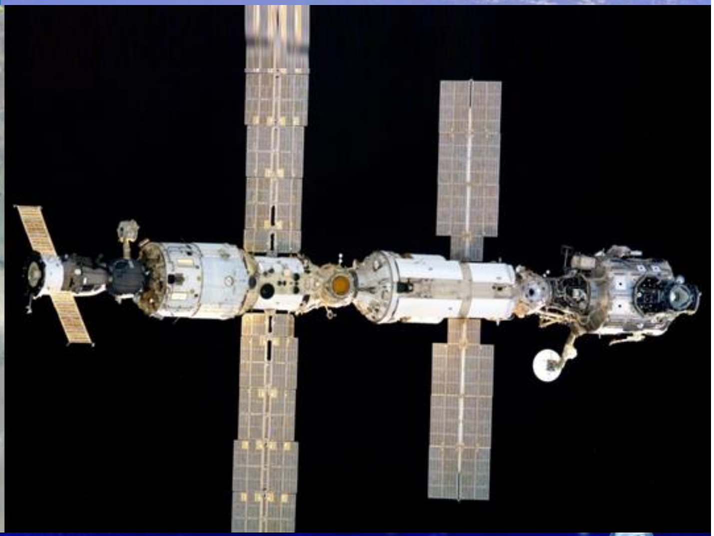


Видимая сторона Луны Обратная сторона Луны










СССР
в космосе
Космос
Мировой рекорд продолжительности
пребывания в космосе.
Владимир Титов и Муса Манаров
провели год на станции «Мир»
22 июля 1951
Собаки Дезик и Цыган были запущены
на высоту 110 км и возвратились назад живыми
20 февраля 1986
Запуск базового
модуля орбитальной
станции«Мир»
4 октября 1957
Запуск первого искусственного спутника Земли
3 ноября 1957
Первое живое существо, выведенное
на орбиту (собака Лайка)
28 мая 1971
Первая мягкая посадка
на поверхность Марса
(«Марс-3»)
15 мая 1958
Первая научная станция
на орбите («Спутник-3»)
19 апреля 1971
Запущена первая в мире
орбитальная станция
14 сентября 1959
Станция «Луна-2» впервые в мире
достигла поверхности Луны
10 ноября 1970
Первый планетоход
на Луне
7 октября 1959
Станцией «Луна-3» впервые получены
изображения обратной стороны Луны
19 августа 1960
Советские собаки-космонавты
Белка и Стрелка — первые
животные, совершившие
орбитальный космический
полёт
24 сентября 1970
Впервые на Землю доставлены
образцы лунного грунта
(«Луна-16»)
12 апреля 1961
Первый полет
человека в космос
(Юрий Гагарин)
16 января 1969
Первая стыковка двух
пилотируемых кораблей
(«Союз-4» и «Союз-5»)
16 июня 1963
Первый полет
женщины-космонавта
(Валентина Терешкова)
1 марта 1966
Первая посадка
на другой планете
3 февраля 1966
Станция «Луна-9»
впервые в мире
совершила мягкую
посадку на поверхность Луны
18 марта 1965
Первый выход
человека
в открытый космос
(Алексей Леонов)
12 октября 1964
Первый многоместный
корабль «Восход-1»
с экипажем из трёх человек
19-20 мая 1961
Первая в мире
межпланетная
станция «Венера-1»

Таблица Шульте для развития периферического зрения

7	6	23	18	16
4	19	1	15	5
20	25	9	10	22
21	2	14	3	13
24	8	17	12	11

Смотри в центр квадрата и боковым зрением пытайся найти все числа по порядку

В школьной столовой.

- Мне три вторых.
- А корень из пяти не хочешь?

Отдохни, полюбуйся морем!

Немного анатомии

Каждый человек хочет быть здоровым, ведь когда нет здоровья, ничто не в радость. Предлагаю тебе подборку из 10 советов, которые помогут быть здоровым и пребывать в отличном настроении. А что еще нужно для счастья?

10 советов для здоровья и хорошего самочувствия

1. НАЧИНАЙ УТРО С УЛЫБКИ! Заряжайся позитивом и отличным настроением с самого утра. Старайся никогда не обращать внимание на негативные события. Настройся на успех и благополучие, и тогда в твоей жизни все будет ХОРОШО.
2. ВЫПИВАЙ СТАКАН ВОДЫ! Как только проснёшься, выпей стакан тёплой воды. Она включит в работу твой организм.
3. НАЧНИ БЕГАТЬ ПО УТРАМ! Бегай по утрам или выполняй лёгкие физические упражнения. Необходимо поддерживать своё тело в тонусе.
4. СКАЖИ «НЕТ!» ВРЕДНЫМ ПРИВЫЧКАМ! Откажитесь от вредных привычек, особенно от курения и употребления алкоголя. Постоянно следи за своим самочувствием. Не делай того, что может повредить твоему здоровью.
5. БОЛЬШЕ ГУЛЯЙ! Как можно больше времени проводи на свежем воздухе, желательно подальше от городской черты.
6. РАЗВИВАЙСЯ! Разгадывай кроссворды, решай задачи, играй в различные интеллектуальные игры, читай как можно больше умных и полезных книг.
Изучай иностранные языки. Они улучшат твою память, пригодятся в путешествиях и помогут в общении с другими людьми.
7. ЗАБОТЬСЯ О СВОЕЙ ВНЕШНОСТИ! Посещай тренажерный зал или бассейн хотя бы раз в неделю. Делай утреннюю физическую зарядку.
8. ОГРАНИЧЬ ВРЕМЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ! Общайся со своими друзьями. Живое общение доставляет куда больше приятных эмоций, чем виртуальное.
9. ВНЕСИ РАЗНООБРАЗИЕ В СВОЮ ЖИЗНЬ! Старайся изучать различные науки, овладевать новыми навыками, профессиями. Не «стой на одном месте», развивайся.
10. ДАРИ ДОБРО И ЛЮБОВЬ! Люби окружающий мир, помогай другим людям. Дари окружающим положительные эмоции, и тогда они обязательно ответят вам взаимностью.

Желаю тебе хорошего дня, настроения и самочувствия!