Блок -1

ОК - 1

МЕХАНИКА

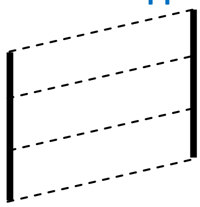
Где? ← **О.З.М.** → **Когда?**

КИНЕМАТИКА

раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин, его вызывающих.

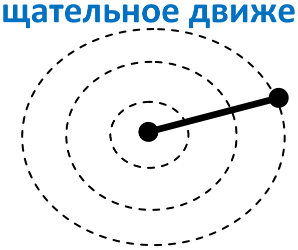
1.Механическое движение – *изменение положения тела относительно других тел с течением времени*

Поступательное движение



при движении тела любая прямая, проведенная в этом теле, остается параллельной себе.

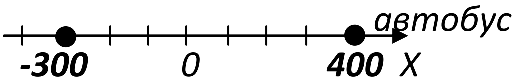
Вращательное движение



все точки этого тела движутся по концентрическим окружностям, при этом центры таких окружностей лежат на оси вращения. Ось вращения является прямой.

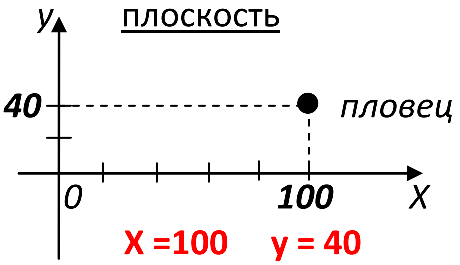
2.Система отсчета – *С.К.+Т.О.+прибор для отсчета времени*

прямая



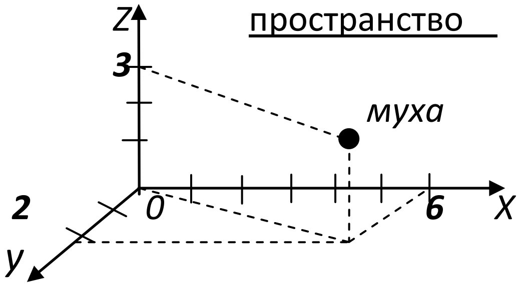
$X_1 = 400$ $X_2 = -300$

плоскость



$X = 100$ $y = 40$

пространство



$X = 6$

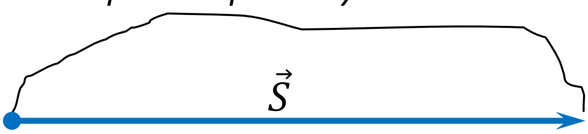
$y = 2$

$Z = 3$

Материальная точка – тело размерами (а также формой и вращением) которого можно пренебречь

3.Траектория – *след, линия…*

траектория – путь - l



4.Путь – *длина траектории l*

5.Перемещение – *вектор $\vec{S}$*

Перемещением тела наз. вектор, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением

6.Модуль перемещения – *скаляр – S*

Блок -1 **ОК - 2**

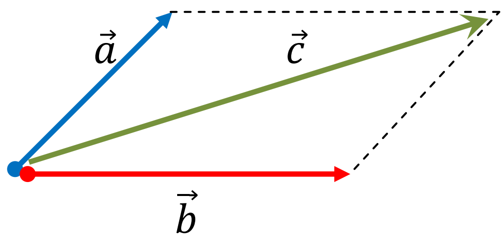
ЭЛЕМЕНТЫ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЫ

векторные ← ***Величины*** → *скалярные*

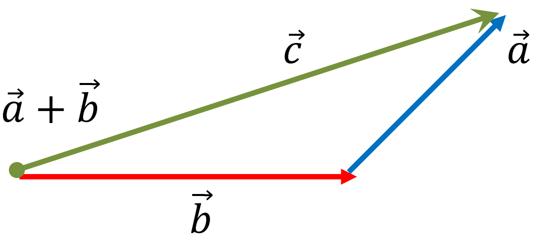
(числовое зн.и направление) ***(только числовое зн.)***

$\vec{V}, \vec{F}$ $\quad$ ***t, m, l***

1.Сложение векторов

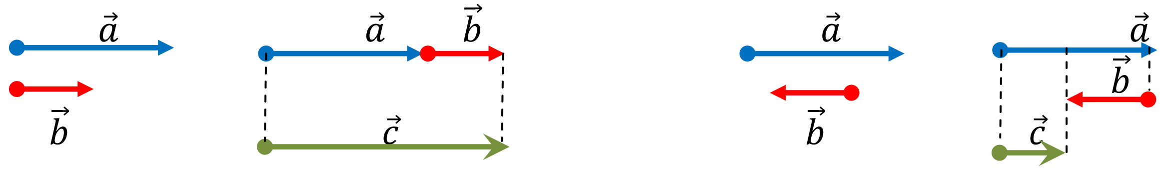


$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

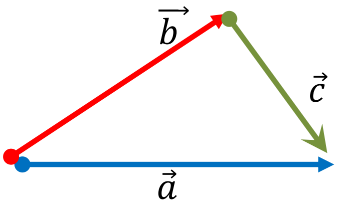


$\vec{a}$ и $\vec{b}$ *– составляющие,* $\vec{c}$ *- результирующий*

<u>Если вектора параллельны</u>

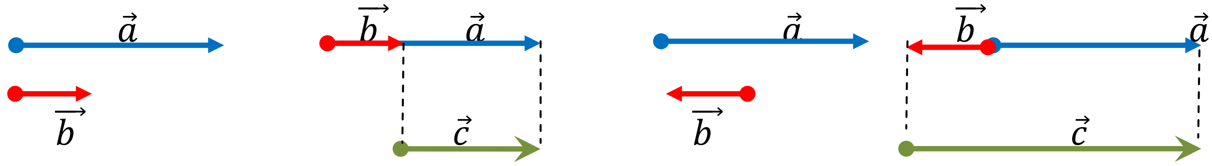


2.Вычитание векторов



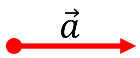
$$\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$$

<u>Если вектора параллельны</u>



3.Умножение вектора на скаляр

если k = 3, то



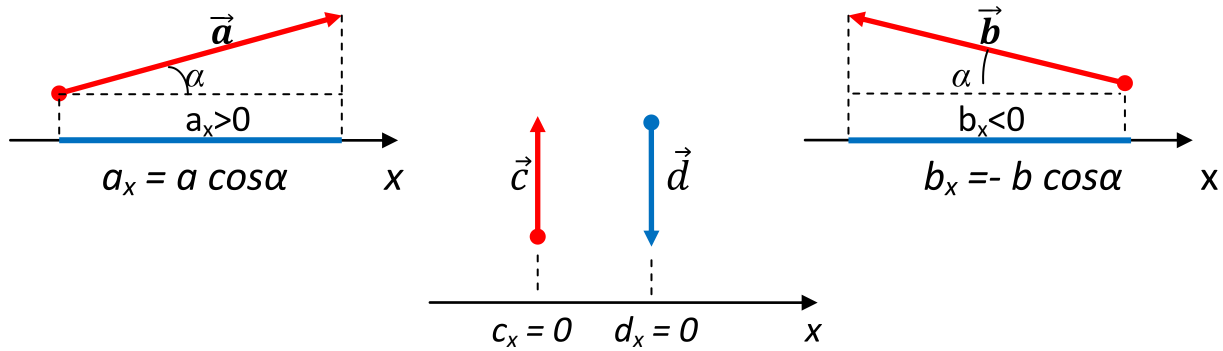
если k = -3, то

Математические действия с векторами производятся только геометрически

Блок -1

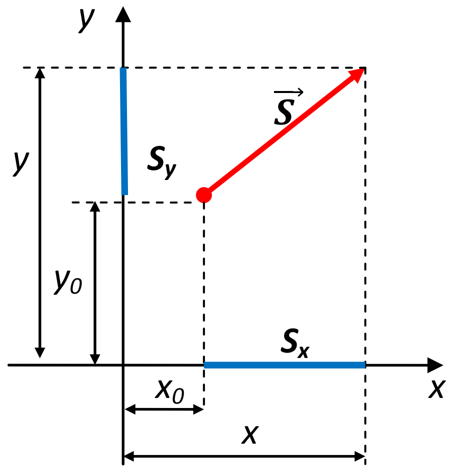
ОК - 3

1.Проекции вектора



a_x , b_x , c_x , d_x - проекции векторов $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{d}$ на ось ***x***

2.Проекции вектора перемещения



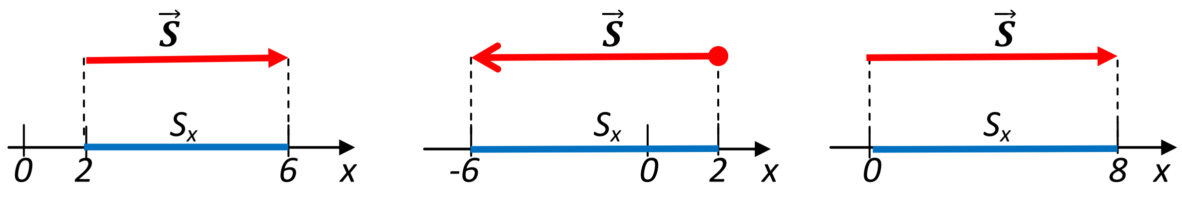
$S_x = x - x_0$; $x = x_0 + S_x$

$S_y = y - y_0$; $y = y_0 + S_y$

x_0 и y_0 - *начальные координаты*

$$|S| = \sqrt{S_X^2 + S_y^2}$$

3.Проекция вектора перемещения на ось *x*



S_x = 6 - 2 = 4

S_x = -6 - 2 = -8

S_x = 8 - 0 = 8

Блок -1 **ОК - 4**

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

- движение, при котором тело за любые промежутки времени совершает одинаковые перемещения

$$\vec{V} = \frac{\vec{S}}{t}$$

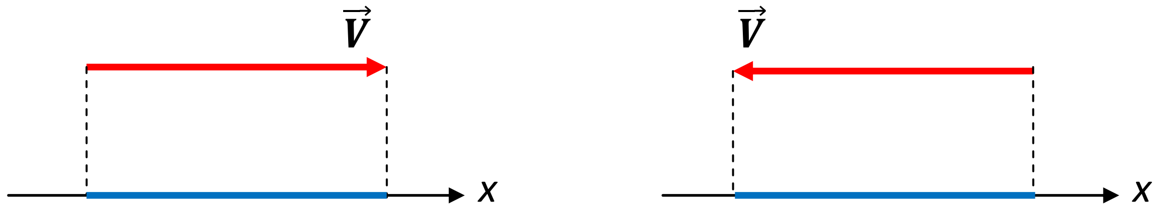
$$1\frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{1\text{м}}{1\text{с}}$$

$$36\frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{36 * 1000\text{м}}{3600\text{с}} = 10\frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{S} = \vec{V} * t$$ *-уравнение движения тела*

$$X = X_0 + V_x t$$ *- уравнение координаты тела*

Проекция вектора скорости



$V_x > 0$ $V_x < 0$

График пути

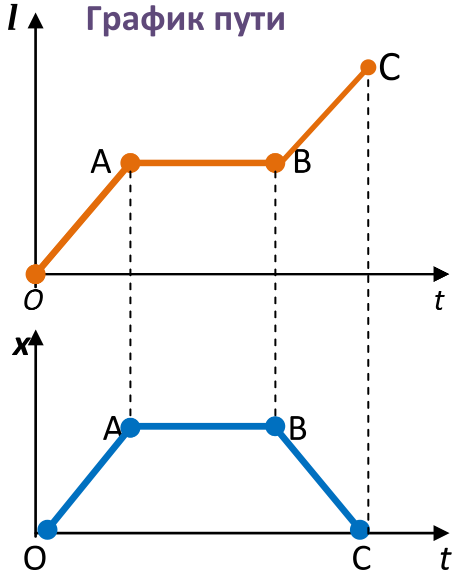


График координаты

OA – «туда»
AB – «на месте»
BC – «обратно»

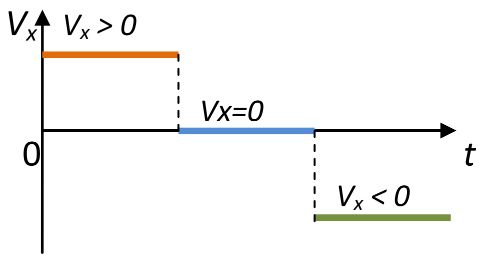


График скорости

Блок -1 **ОК - 5**

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

- движение, при котором тело за равные промежутки времени совершает неодинаковые перемещения.

1.Средняя скорость – *отношение пути, пройденного материальной точкой к промежутку времени*

$$V_{ср.} = \frac{S}{t}$$

S - весь пройденный путь

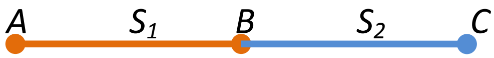
t - всё затраченное время

Москва – Прага 1800 км за 30 ч

$V_{ср.}$ = 1800 км/30ч = 60 км/ч

Знаяя среднюю скорость, нельзя узнать перемещение и координату тела в любой момент времени

Пример 1.



$S_1 = S_2 = S/2$

$$V_{ср.} = \frac{S_1+S_2}{t_1+t_2} = \frac{2\,V_1V_2}{V_1+V_2}$$

Пример 2.

$t_1 = t_2 = t/2$

$$V_{ср.} = \frac{S_1+S_2}{t_1+t_2} = \frac{V_1+V_2}{2}$$

2.Мгновенная скорость – *скорость тела в данный момент времени или в данной точке траектории*

$$V_{ср.} = \frac{\Delta S}{\Delta t} - \text{при } \Delta t \to 0$$

Блок -1 **ОК - 6**

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

1.Ускорение – *векторная величина, численно равная изменению скорости (**ΔV**) за единицу времени (**Δt**)*

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v_0}}{t - t_0} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}$$

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

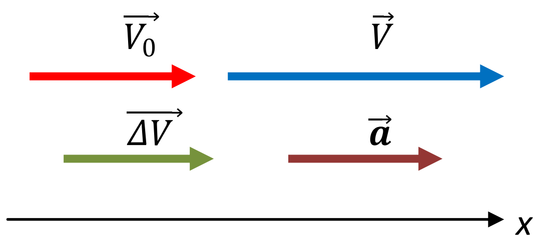
$$a = \frac{1\ м/с}{1с} = 1\frac{м}{с^2}$$

a = 1 м/с² - это означает, что тело за 1 с изменяет свою скорость на 1м/с

Направление вектора $\vec{a}$ совпадает с направлением вектора $\overrightarrow{\Delta V}$

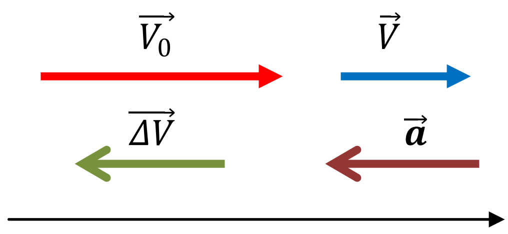
График ускорения

«Разгон» по направлению оси x



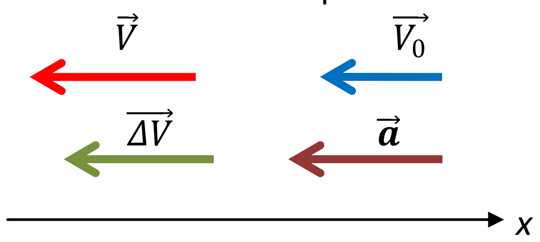
$\Delta V_x > 0$, $a_x > 0$

«Торможение» по направлению оси x



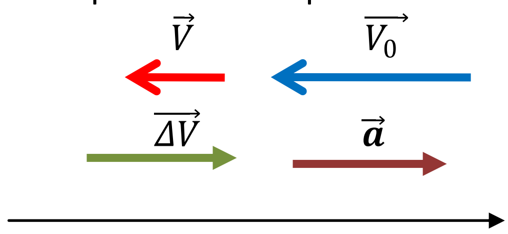
$\Delta V_x < 0$, $a_x < 0$

«Разгон» против оси x

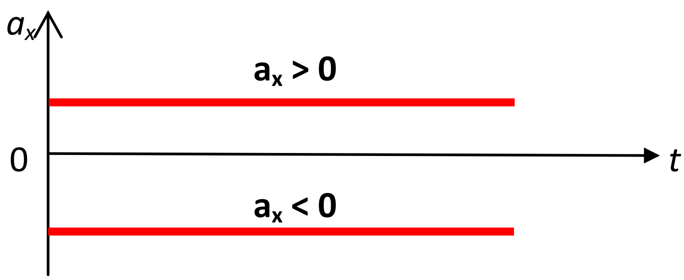


$\Delta V_x < 0$, $a_x < 0$

«Торможение» против оси x



$\Delta V_x > 0$, $a_x > 0$



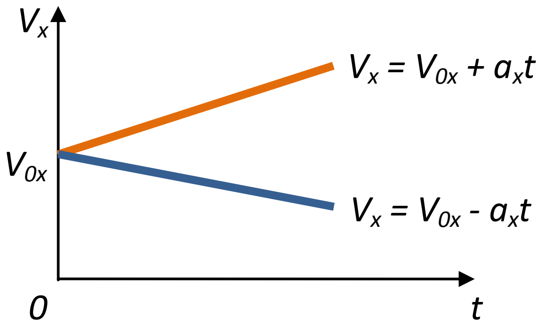
2. Скорость

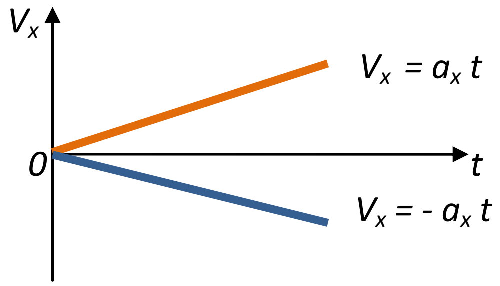
$$\vec{V} = \vec{V_0} + \vec{a}t$$

при $V_0 = 0$

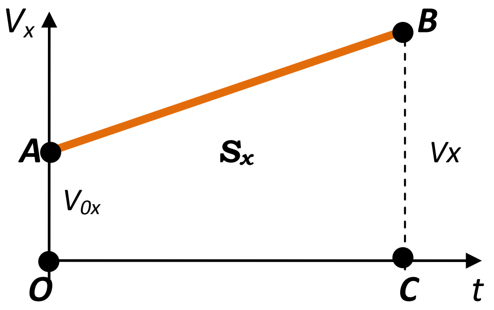
$$\vec{V} = \vec{a}\,t$$

График скорости





3.Перемещение



S_x - численно равна площади трапеции OABC

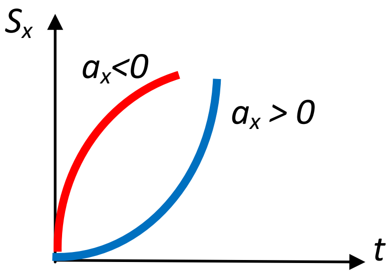
$$S_x = \frac{BC + OA}{2} OC = \frac{V_x + V_{0x}}{2}\, t$$

$$S_x = V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

*Если **t** неизвестно,* $S_x = \frac{V_x + V_{0x}}{2}\, t$, но $t = \frac{V_x - V_{0x}}{a_x}$

$$S_x = \frac{V_x^2 - V_{0x}^2}{2a_x}$$

Графики перемещения



4.Координата тела

$$x = x_0 + S_x$$

$$x = x_0 + V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

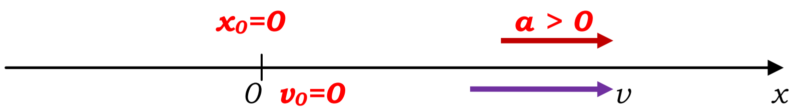
Чтобы найти проекцию скорости по графику зависимости координаты от времени необходимо провести касательную к параболе в нужной точке и найти тангенс угла. Его численное значение и будет равно значению проекции скорости.

Графики равноускоренного движения

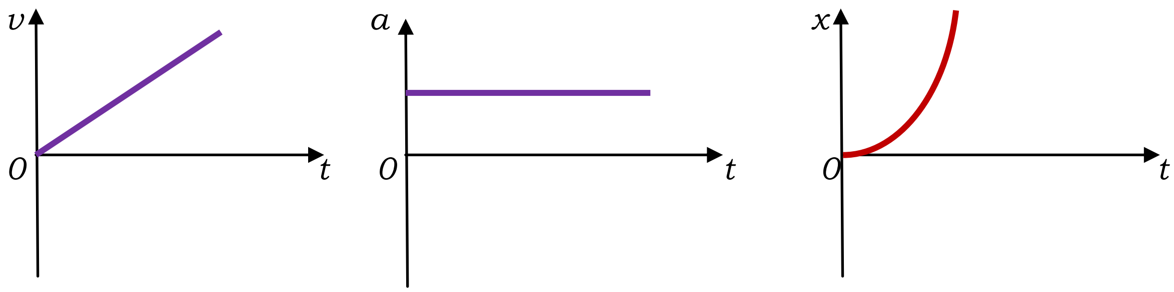
Выделим наиболее часто встречающиеся два варианта.
1.Движение тела с увеличением скорости – «*разгон*» .
Здесь возможны два варианта – движение тела в направлении оси *x* и – против оси *x*.
2.Движение тела с уменьшением скорости – «*торможение*».
И здесь также возможны два варианта – движение тела в направлении оси *x* и – против оси *x*.

1)Рассмотрим примеры движения тела в направлении оси ***x*** - ***«разгон».***

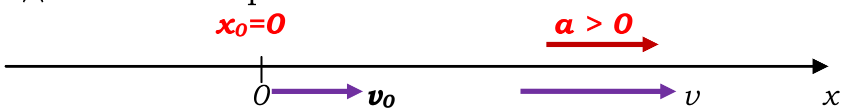
Пример 1. Автомобиль начинает движение от дома и через некоторое время достигает скорости ***v***.



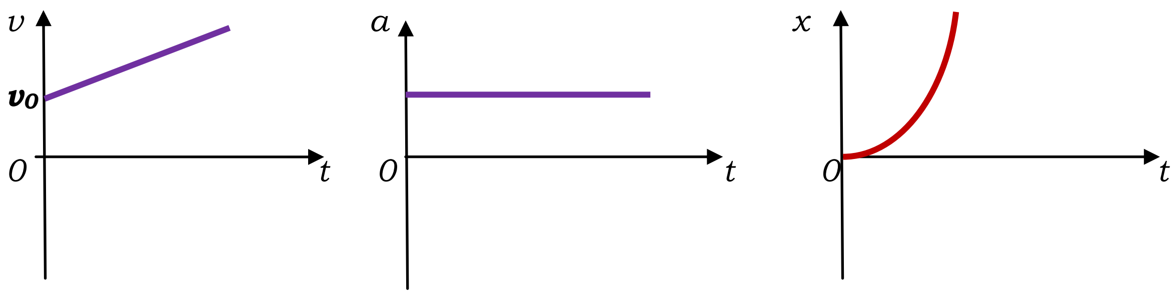
Из условия задачи следует, что начальная координата равна нулю, начальная скорость равна нулю. А через время ***t*** автомобиль приобрел скорость ***v***. Автомобиль движется в направлении оси ***x***.
Построим графики *v(t), a(t) и x(t).*



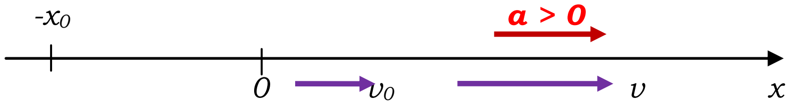
Пример 2. Автомобиль проезжает мимо дома с некоторой скоростью и через некоторое время достигает скорости ***V***.



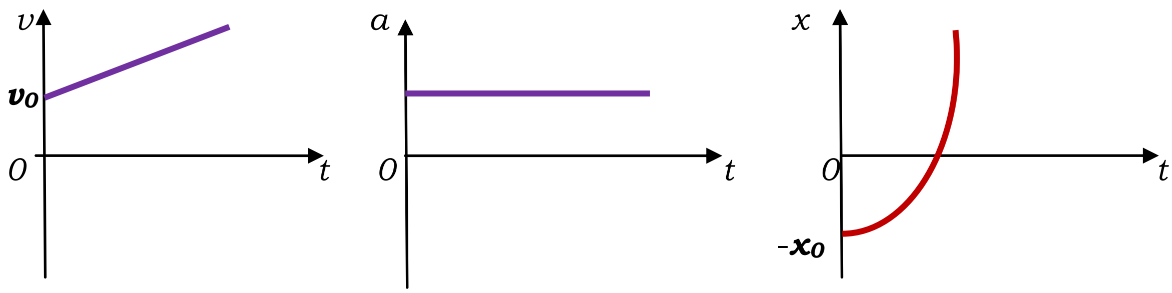
Из условия задачи следует, что автомобиль начал свое движение на некотором расстоянии от дома, а, проезжая мимо дома, был включен секундомер, т.е. начальная координата (это дом) автомобиля равна нулю, а начальная скорость равна ***v_0***.Автомобиль движется в направлении оси ***x***.
Через время ***t*** автомобиль приобрел скорость ***v***.
Построим графики *v(t), a(t) и x(t).*



Пример 3. Автомобиль начинает свое движение задолго до дома и проезжает мимо дома с некоторой скоростью и через некоторое время достигает скорости $\boldsymbol{v}$.

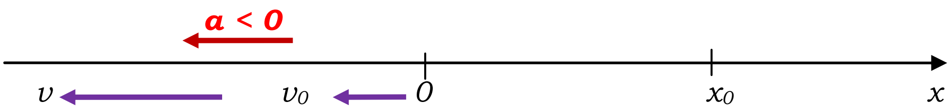


Из условия задачи следует, что автомобиль начал свое движение на некотором расстоянии от дома, т.е. начальная координата равна ($-\boldsymbol{x_0}$), а начальная скорость равна $\boldsymbol{v_0}$. Автомобиль движется в направлении оси $\boldsymbol{x}$.
Через время $\boldsymbol{t}$ автомобиль приобрел скорость $\boldsymbol{v}$.
Построим графики *V(t), a(t) и x(t).*

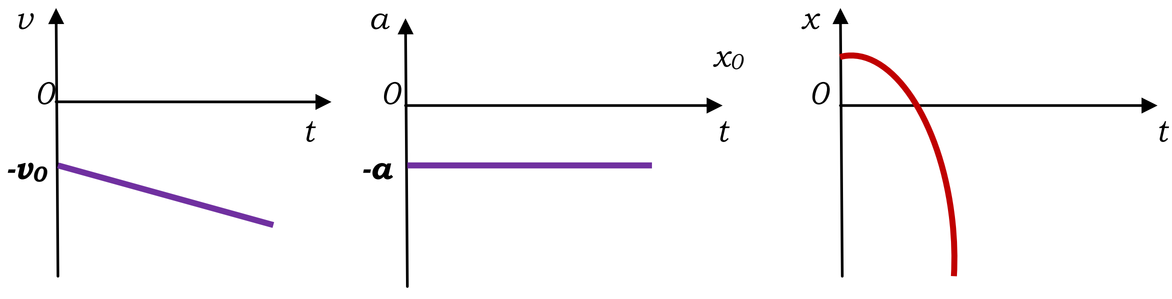


2) Рассмотрим примеры движения тела против оси $\boldsymbol{x}$ - ***«разгон».***

Пример 4. Условие аналогично условию в примере 3, только движение идет в обратном направлении, т.е. против оси $\boldsymbol{x}$.

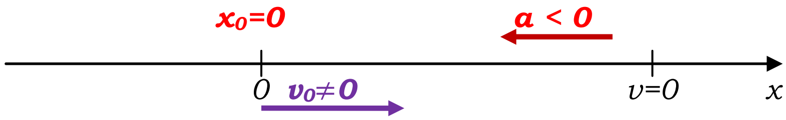


Построим графики *V(t), a(t) и x(t).*

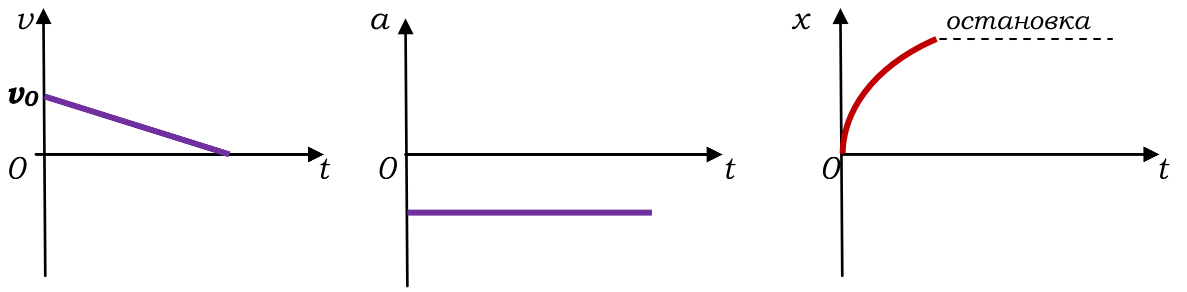


3)Рассмотрим примеры движения тела в направление оси ***x*** - ***«торможение».***

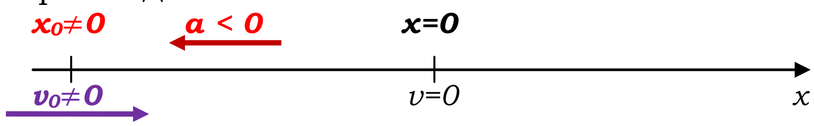
Пример 5. Автомобиль, проезжая мимо дома, начинает торможение и через некоторое время останавливается.



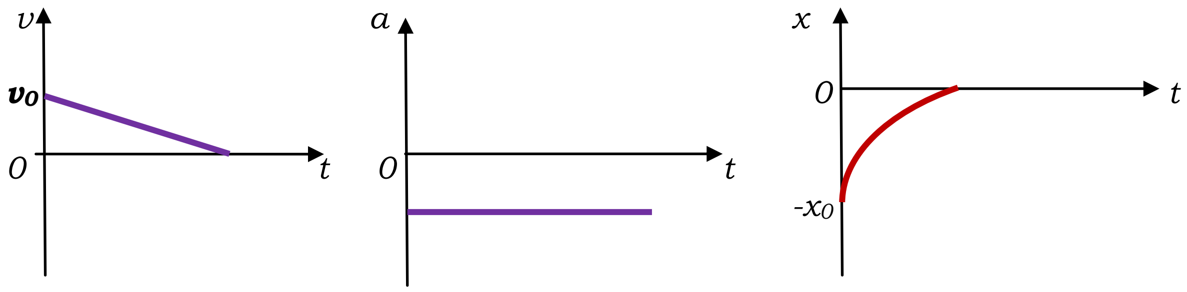
Из условия задачи следует, что автомобиль начал свое движение на некотором расстоянии от дома, но проезжая мимо дома, начал торможение, т.е. начальная координата равна нулю, а начальная скорость равна v_0. Автомобиль движется в направлении оси ***x***. Через время ***t*** автомобиль остановился, т.е.конечная скорость нулю .



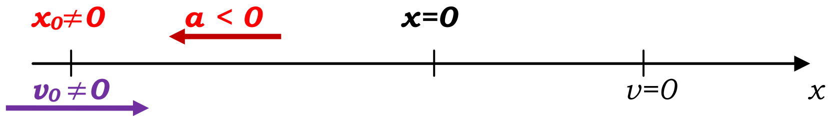
Пример 6.Автомобиль, двигаясь в сторону дома, начал торможение и остановился напротив дома.



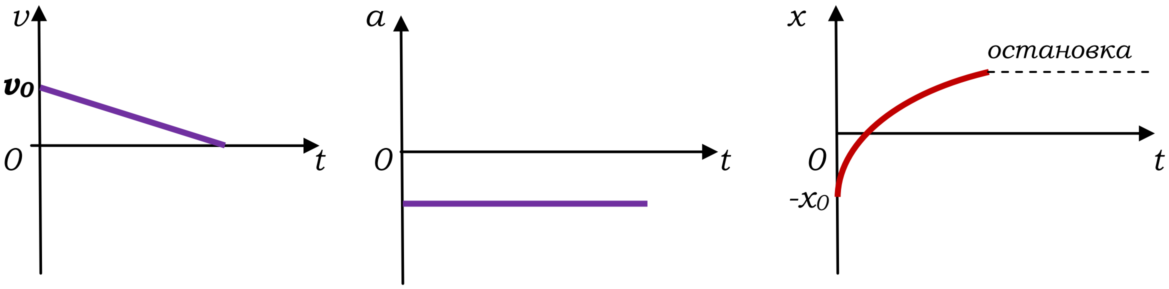
Из условия задачи следует, что автомобиль начал свое движение на некотором расстоянии от дома, но проезжая мимо дома, начал торможение, т.е. начальная координата равна нулю, а начальная скорость равна v_0. Автомобиль движется в направлении оси ***x***. Через время ***t*** автомобиль остановился, т.е.конечная скорость нулю .



Пример 7.Автомобиль, двигаясь в сторону дома, начал торможение, проехал мимо дома и через некоторое время остановился.

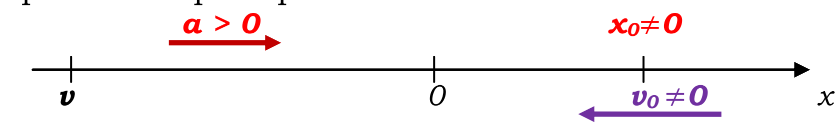


Из условия задачи следует, что автомобиль начал свое движение на некотором расстоянии от дома, проехал мимо дома и через некоторое время начал торможение. Начальная скорость равна $\boldsymbol{v_0}$. Автомобиль движется в направлении оси $\boldsymbol{x}$. Через время $\boldsymbol{t}$ автомобиль остановился, т.е. конечная скорость нулю .

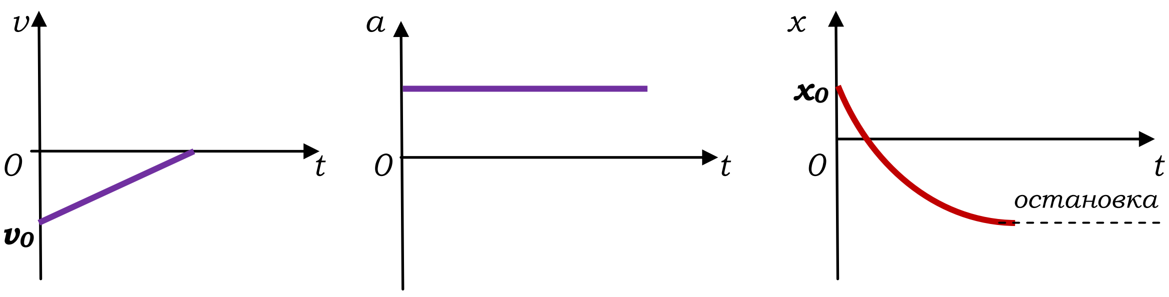


4)Рассмотрим пример движения тела против оси $\boldsymbol{x}$ - ***«торможение».***

Пример 8.Автомобиль, двигаясь в сторону дома, начал торможение, проехал мимо дома и через некоторое время остановился.



Из условия задачи следует, что автомобиль начал торможение на некотором расстоянии от дома (справа), проехал мимо дома и через некоторое время остановился. Начальная скорость равна $\boldsymbol{v_0 \neq 0}$. Автомобиль движется против оси $\boldsymbol{x}$. Через время $\boldsymbol{t}$ автомобиль остановился, т.е. конечная скорость нулю.



Блок -1

ОК - 7

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

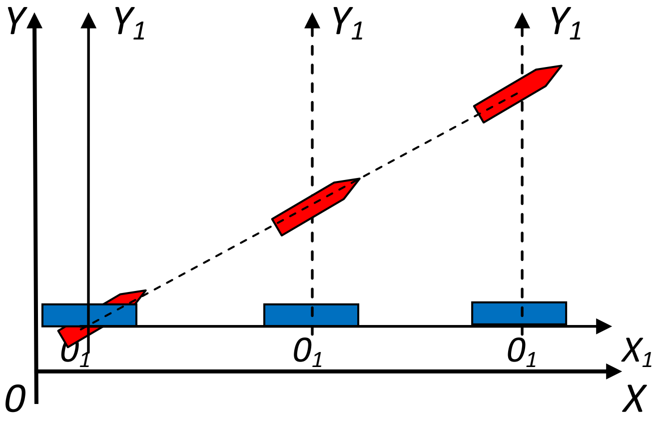
1.Что относительно?

Положение тела относительно!

Я покоюсь?!

Движение тела относительно!

2.Движение тела с разных точек зрения.



- плот, - лодка

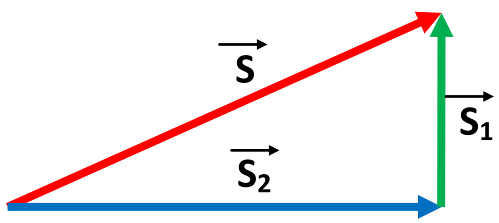
XOY – неподвижная С.О.(берег)

$X_1O_1Y_1$ – подвижная С.О.(плот)

$\vec{S}$ – перемещение лодки отн.**XOY**

$\vec{S_1}$ – перемещение лодки отн **$X_1O_1Y_1$**

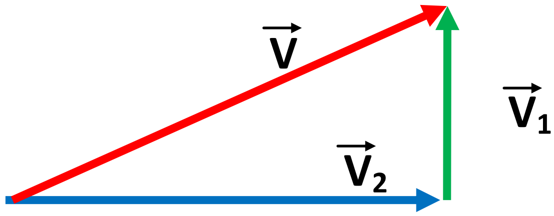
$\vec{S_2}$ – перемещение плота отн.**XOY**



$$\vec{S} = \vec{S_1} + \vec{S_2}$$

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$$

$$\vec{V} = \frac{\vec{S}}{t} = \frac{\vec{S}_1 + \vec{S}_2}{t} = \frac{\vec{S}_1}{t} + \frac{\vec{S}_2}{t}$$



$$\vec{V} = \vec{V_1} + \vec{V_2}$$

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

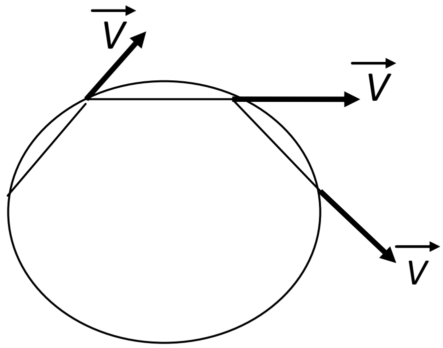
Скорость тела относительно неподвижной системы отсчета равна геометрической сумме скорости тела относительно подвижной системы и скорости подвижной системы относительно неподвижной

Блок -1

КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

ОК - 8

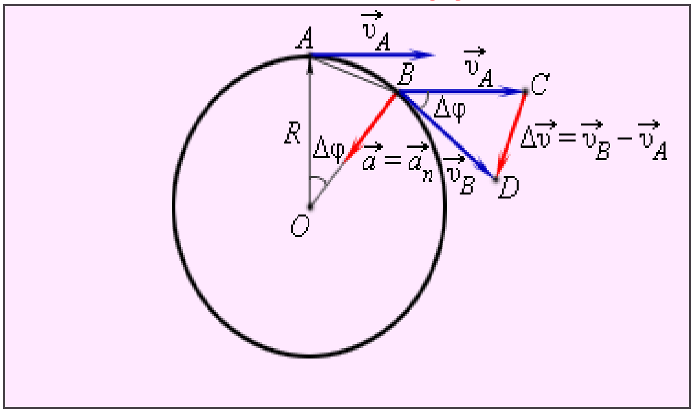
1.Мгновенная скорость – *по касательной!*
(точило, брызги от колес)



(любую криволинейную траекторию можно разложить на множество дуг окружностей разного радиуса)

2.Криволинейное движение – ускоренное!
(скорость – вектор, направление и модуль одинаково важны!)

3.Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью



$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{V}}{t}; \qquad \vec{a} \parallel \Delta\vec{V};$$

$\vec{V}_a = \vec{V}_в$; **Δ**OAB – равнобедренный

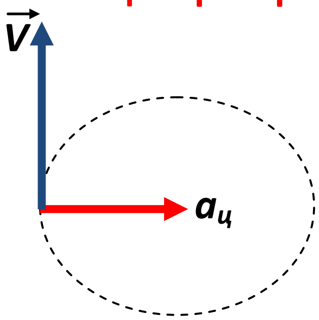
$V_a \perp OA$, $V_в \perp OB$, углы равны

Подобны!

$$\frac{\Delta V}{AB} = \frac{V}{R}; \ AB = l = Vt;$$

$$\frac{\Delta V}{Vt} = \frac{V}{R}; \text{или} \ \frac{\Delta V}{t} = \frac{\boldsymbol{V^2}}{\boldsymbol{R}}$$

Центростремительное ускорение



$$\boldsymbol{a = \frac{V^2}{r}} - \frac{м}{с^2}$$

4. Формулы для расчета движения тела по окружности

$$\boldsymbol{V = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T}}$$ *-линейная скорость*

$$\boldsymbol{T = \frac{t}{n}} - \boldsymbol{c}$$ *- период*

$$\boldsymbol{\nu = \frac{1}{T}} - \frac{1}{c}$$ *- частота*

Блок -1 ОК - 9

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ

φ - угловое перемещение (*угол поворота произвольного радиуса от начального положения)* ***рад****;*
ω - угловая скорость, ***рад/с***;
ν - частота вращения (число оборотов в 1 с), ***Гц***;
T - период вращения, ***с***.
Величины ω, ν, T связаны между собой соотношение:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} - \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

При *равномерном вращении* тела уравнение его движения имеет вид:

$$\varphi = \omega t$$

При *равнопеременном вращении* тела (равноускоренном или равнозамедленном) уравнение его движения, а также формула, дающая зависимость его угловой скорости движения от времени, имеют вид:

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}\ ;\ \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

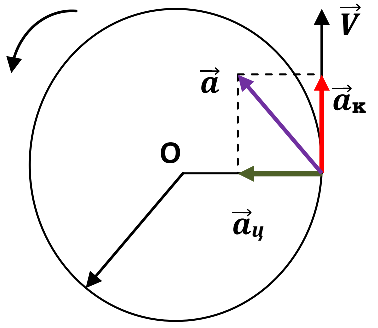
ω_0 - начальная угловая скорость, *рад/с*;
ε - угловое ускорение, *рад/с²*.
В написанных выше формулах знак «+» для равноускоренного вращения, знак «—» для равнозамедленного.

Угловые величины φ, ω и ε связаны с соответствующими линейными величинами l, v и a следующими соотношениями:

$$l = \varphi R;\ v = \omega R;\ a_к = \varepsilon R;\ a_ц = \omega^2 R$$

$a_к$ — проекция вектора линейного ускорения на направление касательной в данной точке (см.рис.), -(*касательное или тангенциальное ускорение*).
$a_ц$ — проекция вектора линейного ускорения на направление радиуса в данной точке (*центростремительное ускорение*)

$$a = \sqrt{a_к^2 + a_ц^2}$$



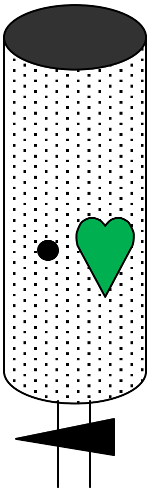
Блок -1

ОК - 10

СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ

– падение тел в вакууме

Галилео Галилей



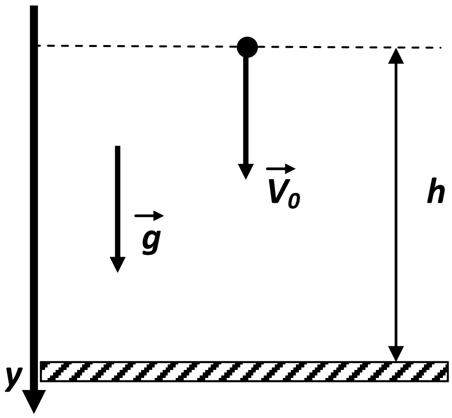
Все тела независимо от массы при свободном падении движутся ***одинаково***

Свободное падение – движение равноускоренное

$g = 9{,}8$ м/с^2 *- ускорение свободного падения*

1.Движение тела вниз

+ g



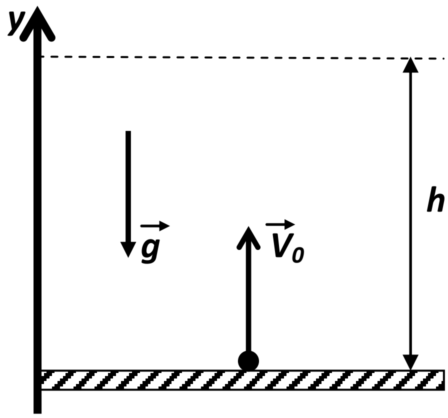
$$V = V_0 + gt$$

$$h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g}$$

$$h = V_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

2.Движение тела вверх

- g



$$V = V_0 - gt$$

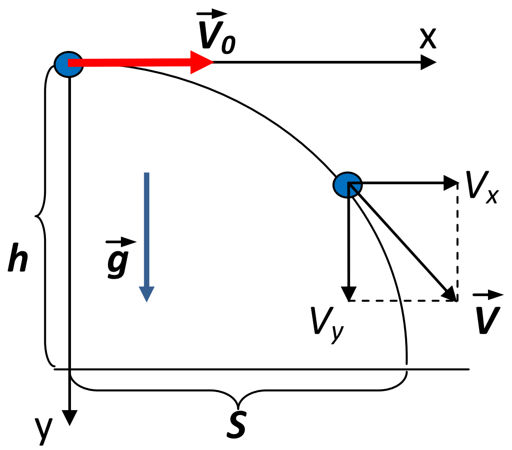
$$h = \frac{V^2 - V_0^2}{-2g}$$

$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

Блок -1

ОК - 11

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО



Два независимых движения:

1.Горизонтальное движение

$\vec{S} = \vec{V}_0 t$ *или* $x = V_{0x} t$

2.Вертикальное свободное падение

$$h = \frac{\vec{g}t^2}{2} \quad или \quad y = \frac{g_y t^2}{2}$$

1.Время падения тела - $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

2.Дальность полета - $S = V_0 t = V_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$

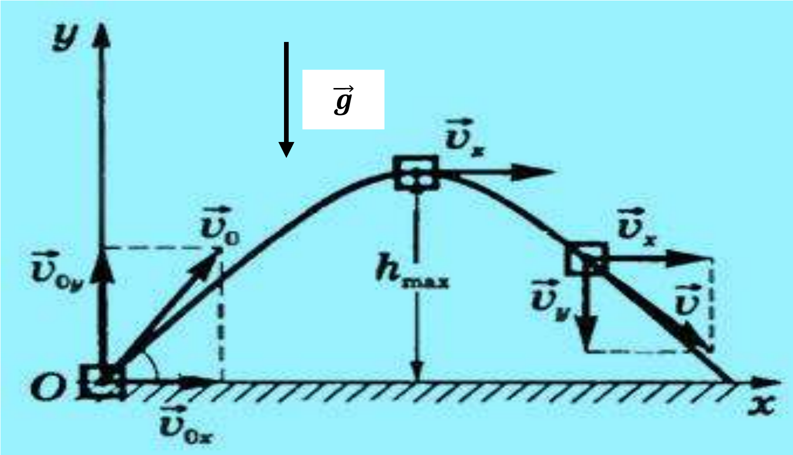
3.Скорость тела в произвольной точке траектории

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, \quad V_x = V_0;\ V_y = g_y t;\ g_y = g \qquad V = \sqrt{V_0^2 + g^2 t^2}$$

Блок -1

ОК - 12

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ



$V_{0x} = V_0 \cos\alpha$

$V_{0y} = V_0 \sin\alpha$

$g_y = -g$

1.Уравнения движения тела

$$x = V_{0x}\, t \; ; \; x = S = V_0 \cos\alpha \; t_{полёта} \quad (1)$$

$$y = V_{0y} t_{подъёма} - \frac{g_y t^2_{подъёма}}{2}; \quad y = h = V_0 \sin\alpha \; t_{подъёма} - \frac{g_y t^2_{подъёма}}{2} \quad (2)$$

2.Скорость тела в любой точке траектории

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}; \quad V_x = V_{0x} = V_0 \cos\alpha; \quad V_y = V_{0y} - g_y t = V_0 \sin\alpha - gt;$$

3. Время подъёма $V_y = V_0 \sin\alpha - g t_{подъёма}$ $(V_y = 0) \Rightarrow$ $t_{подъёма} = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$

4. Полное время полета

$$t_{полета} = \frac{2V_0 \sin\alpha}{g} \; (\text{т.к. } t_{подъёма} = t_{падения})$$

5.Максимальная высота подъема тела - найдем из уравнения (2)

$$h = V_0 \sin\alpha \; t_{подъёма} - \frac{g t^2_{подъёма}}{2} = V_0 \sin\alpha \frac{V_0 \sin\alpha}{g} - \frac{g}{2}\frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g^2} = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g} - \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$$

$$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$$

6.Дальность полета - найдем из уравнения (1)

$$S = V_0 \cos\alpha \; t_{полета} = V_0 \cos\alpha \frac{2V_0 \sin\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$(2\sin\alpha * \cos\alpha = \sin 2\alpha)$

Основные формулы раздела «Кинематика»

Кинематика изучает различные механические движения тел без рассмотрения причин, вызывающих эти движения.

1.Равномерное прямолинейное движение. Равномерным называется движение, при котором материальная точка (тело) за любые равные промежутки времени совершает равные перемещения.
Перемещением материальной точки (тела) называется направленный отрезок прямой, соединяющий ее начальное и конечное положения.
Любое движение происходит по определенному закону, который должен определять положение тела в пространстве в данный момент времени. Для описания движения введем прямоугольную систему координат *XOY*. Тогда положение тела определится его координатами x и у. Следовательно, закон движения должен давать зависимость координат x и у от времени t.
В случае равномерного прямолинейного движения закон движения примет вид

$$\boldsymbol{x = \pm x_0 \pm vt}$$

$\boldsymbol{x}$ — координата теля в начальный момент времени, м;
$\boldsymbol{v}$ — скорость тела, м/с;
$\boldsymbol{t}$ — время движения тела, с.

Перемещение тела определится разностью

$$\boldsymbol{s = x - x_0 = vt}$$

Примечание. *Знаки перед слагаемыми в правой части уравнения зависят от выбора направления оси X.*

2.Равнопеременное прямолинейное движение. Равнопеременным называется движение, при котором скорость материальной точки (тела) за любые равные промежутки времени изменяется на равные величины.
Это движение может быть *равноускоренным и равнозамедленным.*

Уравнение движения имеет вид:

$$\boldsymbol{x = \pm x_0 \pm v_0 t \pm \frac{at^2}{2}}$$

Уравнение скорости имеет вид

$$\boldsymbol{v = \pm v_0 \pm at}$$

v_0-скорость тела в начальные момент времени, $м/с$
a – ускорение движения, м/с^2

Примечание. При свободном падении ускорение $\boldsymbol{a}$ заменяют на $\boldsymbol{g}$ =9/8м/с^2

Формула ускорения $\boldsymbol{a} = \frac{v - v_0}{t}$

Формулы для расчета перемещения $\boldsymbol{S = v_0 t + \frac{at^2}{2}}$ или $\boldsymbol{S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}}$

Свободное падение $\boldsymbol{h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}}$

В переменном движении используется также понятие средней скорости. *Средней скоростью переменного движения* называется отношение перемещения тела ко времени, за которое это перемещение совершено или отношение всего пройденного пути ко всему затраченному времени.

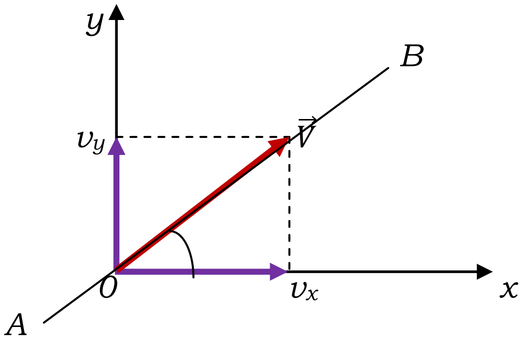
$$\boldsymbol{v}_{\text{ср.}} = \frac{\boldsymbol{S}}{\boldsymbol{t}} = \frac{\boldsymbol{S_1} + \boldsymbol{S_2} + \boldsymbol{S_3} \ldots}{\boldsymbol{t_1} + \boldsymbol{t_2} + \boldsymbol{t_3} \ldots}$$

Примечание. Если весь путь состоит из двух участков, то среднюю скорость можно рассчитать по формулам:

а) если $S_1 = S_2 = S/2$, то $\boldsymbol{v}_{\text{ср}} = \frac{\boldsymbol{2v_1v_2}}{\boldsymbol{v_1+v_2}}$; б) если $t_1 = t_2 = t/2$, $\boldsymbol{v}_{\text{ср}} = \frac{\boldsymbol{v_{1+}v_2}}{\boldsymbol{2}}$

3.Некоторые виды сложного движения.

<u>Равномерное прямолинейное движение.</u> Любое равномерное движение, происходящее с постоянной скоростью $\boldsymbol{v}$ вдоль произвольной прямой АВ можно разложить на два независимых равномерных и прямолинейных движения, одновременно совершаемых телом вдоль осей X и Y со скоростями v_x *и* v_y.



Для описания этого движения выберем прямоугольную систему координат **XOY.** Тогда уравнения движений по осям ***X*** и ***Y*** запишутся в виде:

$$\boldsymbol{x = \pm x_0 \pm v_x t \;; \quad y = \pm y_0 \pm v_y t}$$

$$\boldsymbol{v_x = v cos\alpha; \quad v_y = v sin\alpha}$$

Скорость тела в любой точке траектории

$$\boldsymbol{v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}}$$

и направлена вдоль траектории движения.

<u>Движение тела, брошенного горизонтально</u> с некоторой высоты, можно разложить на два независимых движения, одновременно совершаемых телом: равномерное и прямолинейное, происходящее в горизонтальном направлении со скоростью v_x, равной начальной скорости бросания v, (v_x=v_0), и свободное падение с высоты, на которой находилось тело в момент бросания, со скоростью $v_y = \pm gt$.

Для описания этого движения выберем прямоугольную систему координат XOY. Направим ось X по горизонтали, а ось Y по вертикали. Тогда уравнения движений по осям X и Y примут следующий вид:

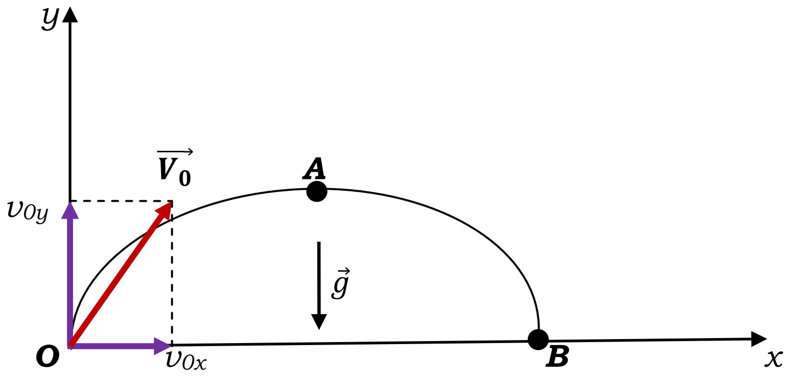
$$\boldsymbol{x = \pm x_0 \pm v_x t \;; \quad y = \pm y_0 \pm v_y t}$$

Скорость тела в любой точке траектории

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

и направлена по касательной к траектории в данной точке.

<u>Движение тела, брошенного под углом к горизонту,</u> можно разложить на два независимых движения, одновременно совершаемых телом, равномерное и прямолинейное, происходящее в горизонтальном направлении с начальной скоростью $\boldsymbol{v_{0x} = v_0 cos\alpha}$,
и свободное падение с начальной скоростью $\boldsymbol{v_{0y} = v_0 sin\alpha}$,



Уравнения движения будут иметь вид

$$\boldsymbol{x = \pm x_0 \pm v_{0x}t \ ; \quad y = \pm y_0 \pm v_{0y}t \pm \frac{gt^2}{2}}$$

Скорость тела в любой точке траектории

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\boldsymbol{v_x = v_{0x}; \ v_y = v_{0y} \pm gt}$$

4.Равномерное движение по окружности.

Особенностью равномерного движения по окружности является то, что направление линейного ускорения не совпадает ускорения не совпадает с направлением линейной скорости ее движения. В любой точке траектории линейная скорость тела $\boldsymbol{v}$ направлена по касательной к окружности, а ускорение $\boldsymbol{a_ц}$ всегда направлено по радиусу к центру окружности и называется *центростремительным (нормальным) ускорением.* В этом случае

$$\boldsymbol{v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T}; \ a_{ц} = \frac{v^2}{R}}$$

$\boldsymbol{l}$ -длина окружности, м;
$\boldsymbol{T}$ - период обращения (время одного полного оборота) с;
$\boldsymbol{R}$—радиус окружности, м.

5. Вращательное движение твёрдого тела.

Вращательное движение твердого тела характеризуют следующие величины:

φ - угловое перемещение (угол поворота произвольного радиуса от начального положения) рад;

ω - угловая скорость, рад/с;

ν - частота вращения (число оборотов в 1 с), Гц;

T - период вращения, с.

Величины ω, ν, T связаны между собой соотношение:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

При *равномерном вращении* тела уравнение его движения имеет вид

$$\varphi = \omega t$$

При *равнопеременном вращении* тела (равноускоренном или равнозамедленном) уравнение его движения, а также формула, дающая зависимость его угловой скорости движения от времени, имеют вид:

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}\ ;\ \omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$$

ω_0 - начальная угловая скорость, рад/с;

ε - угловое ускорение, рад/с^2.

В написанных выше формулах знак «+» для равноускоренного вращения, знак «—» для равнозамедленного.

Угловые величины φ, ω и ε связаны с соответствующими линейными величинами l, v и a следующими соотношениями:

$$l = \varphi R; v = \omega R;\ a_{\text{к}} = \varepsilon R;\ a_{\text{ц}} = \omega^2 R$$

$a_к$ — проекция вектора линейного ускорения на направление касательной в данной точке (см.рис.),

$a_ц$ — проекция вектора линейного ускорения на направление радиуса в данной точке (центростремительное ускорение)

$$a = \sqrt{a_{\text{к}}^2 + a_{\text{ц}}^2}$$