

# МЕХАНИКА

## 1. Кинематика



**Механика** – это наука о движении и взаимодействии макроскопических тел.

## Главная задача механики:

определить положение тела в пространстве относительно других тел в любой момент времени.



# Механика

**Механика**

Раздел физики, изучающий механическое движение

**Кинематика**

*раздел физики, изучающий способы математического описания движения тел*

**Динамика**

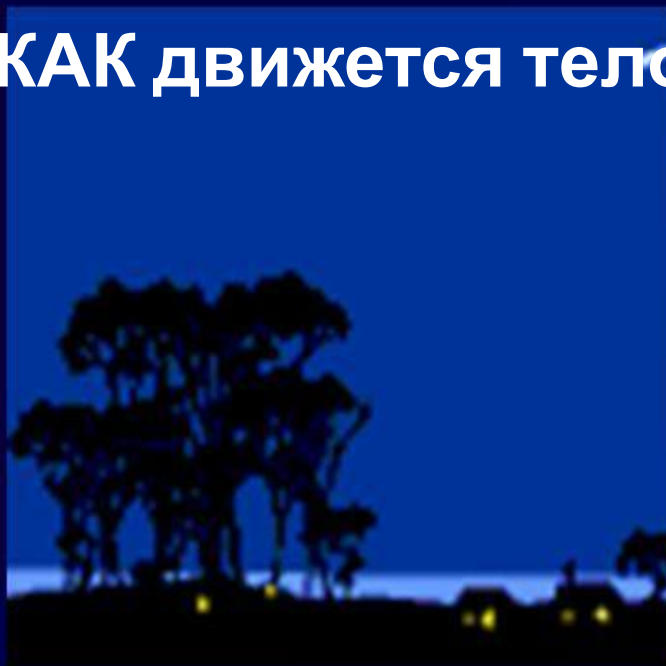
*раздел физики, изучающий причины движения тел*

**Статика**

*раздел физики, изучающий покоящиеся тела при действии на них внешних сил*

КИНЕМАТИКА – это раздел механики,  
описывающий движение тел без учета  
причин его вызывающих.

*Кинематика* отвечает на вопрос:  
**КАК движется тело?**



# Основные понятия кинематики

1. Механическое движение
2. Материальная точка
3. Система отсчёта
4. Траектория
5. Путь
6. Перемещение
7. Относительность

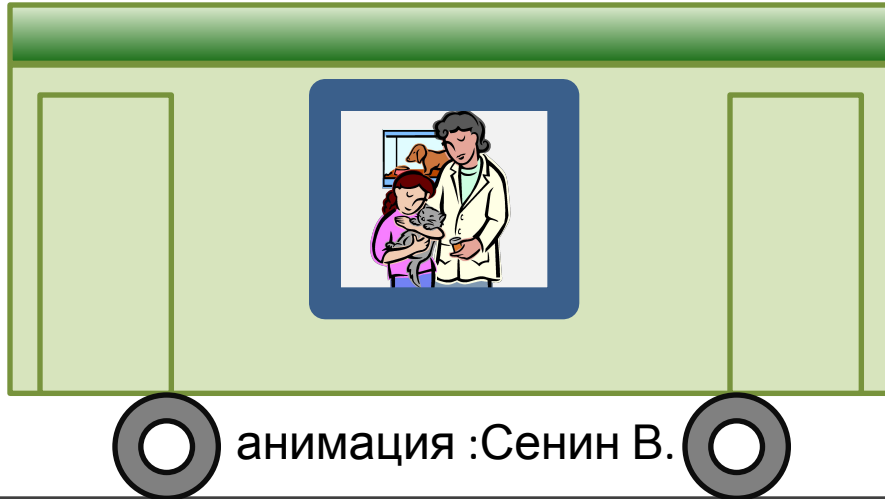


# Относительность движения.



- Мотоциклист неподвижен относительно мотоцикла.
- Относительно дороги мотоциклист движется.
- Движение и покой относительны.

# Двигается или не движется?



**вагон  
относительно  
земли**

**вагон  
относительно  
вагона**

**пассажир  
относительно  
вагона**

**пассажир  
относительно  
земли**

- **Какие тела движутся?**
  - **Какие тела неподвижны?**
- **Относительно каких тел?**

# Лебедь на льдине

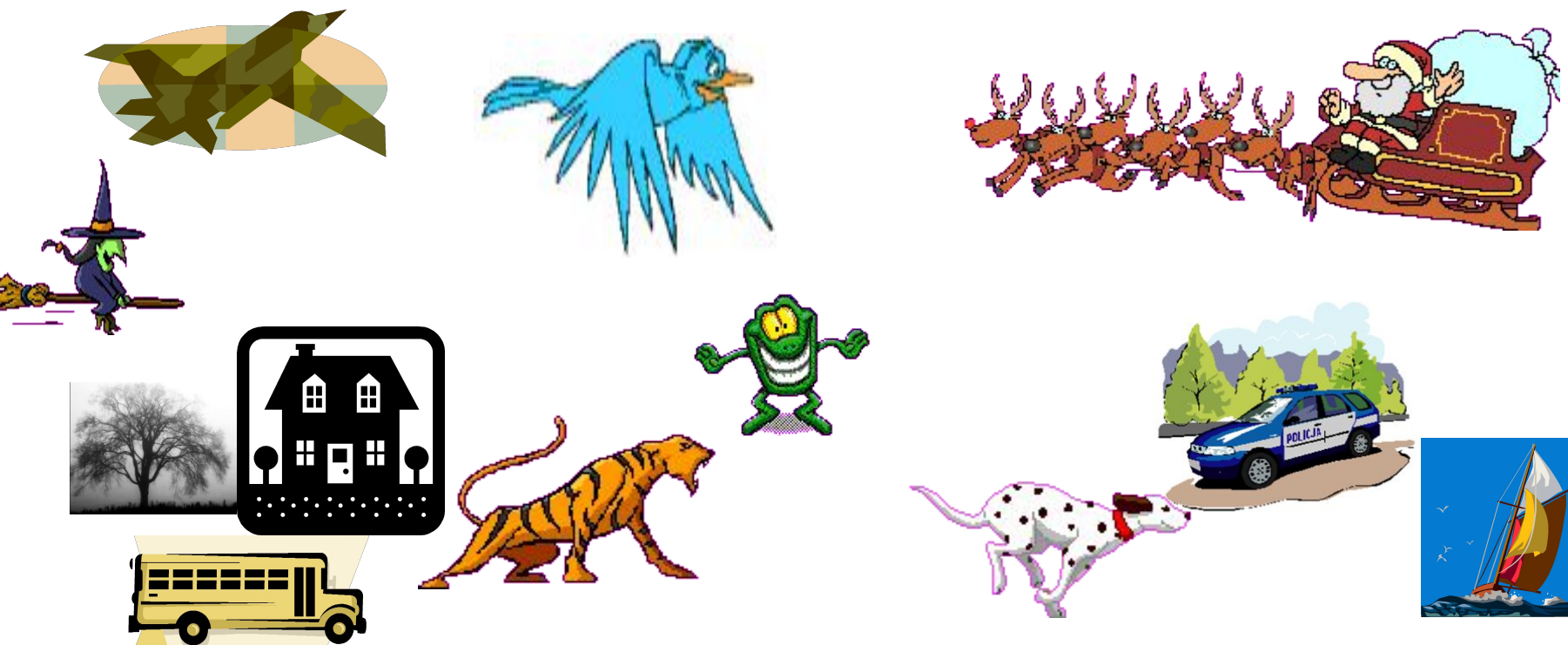
- Относительно каких тел лебедь находится в покое?
- Относительно каких тел лебедь движется?





# Механическое движение

— это изменение с течением времени  
положения тела относительно других  
тел



# ПРИМЕРЫ МЕХАНИЧЕСКОГО

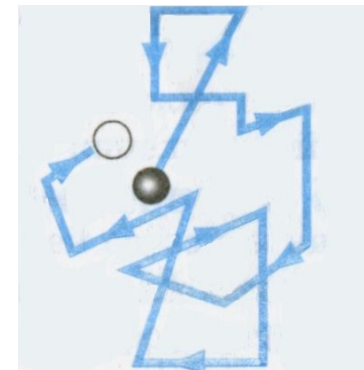
1. Движение от **ДВИЖЕНИЯ** Земли  
человека, автомобиля, самолета

2. Колебания маятника.

3. Течение воды.

4. Перемещение воздуха (ветер).

5. Перемещение отдельной молекулы.



**Материальная точка** - Это тело размерами и формой которого можно пренебречь.

*Условия пренебрежения:*

- *Если тело имеет форму шара;*
- *Если размеры тела малы, по сравнению с расстоянием, на которое оно перемещается (автомобиль длиной 5 м, проходит 100 км – разница в 200000 раз);*
- *Если тело движется поступательно.*

# В каких случаях тела можно считать материальными точками?

1. На станке изготавливают спортивный диск.

(Не материальная точка)

2. Тот же диск после броска спортсмена летит на расстояние 55 м.

(Материальная точка)

3. За движением космического корабля следят из ЦУП на Земле.

(Материальная точка)

4. За тем же кораблем наблюдает космонавт, осуществляющий с ним стыковку.

(Не материальная точка)

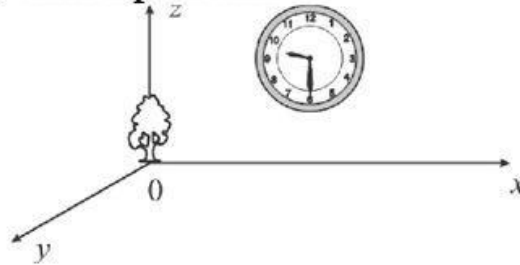
5. Земля движется по круговой орбите вокруг Солнца.

(Материальная точка)

# Система отсчета –

совокупность тела отсчёта, системы координат, связанной с телом отсчёта, и неподвижный прибор для измерения времени

- Тело отсчета
- Система координат
- Прибор для измерения времени



Тело отсчета

+

Система координат

+

Часы

=

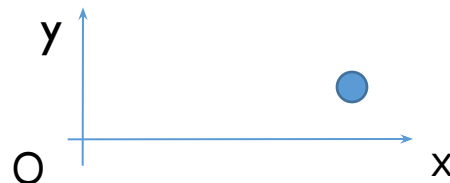
**СИСТЕМА ОТСЧЕТА**

## Система координат

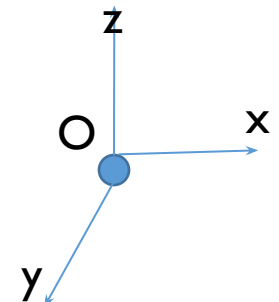
Одномерная



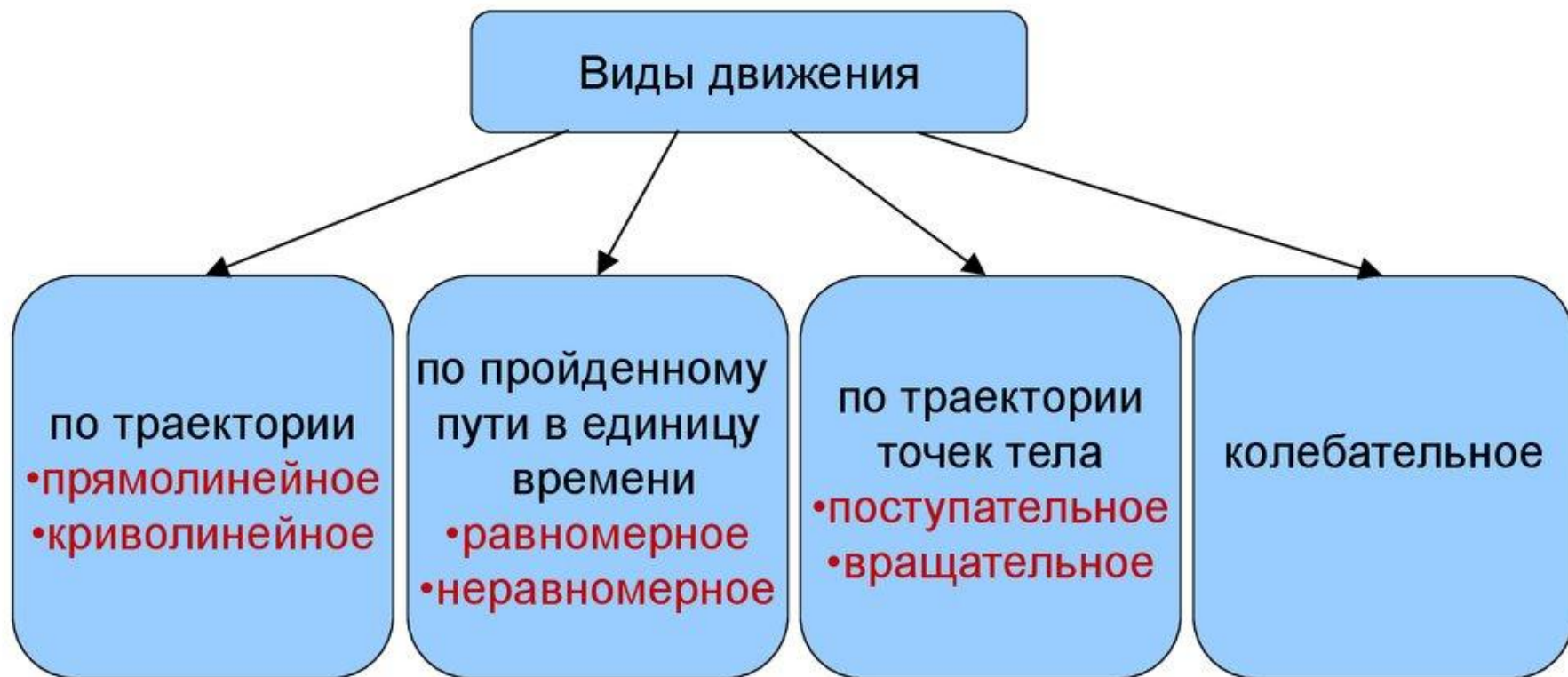
Двухмерная



Трёхмерная



## 1.1.1. Механическое движение и его виды



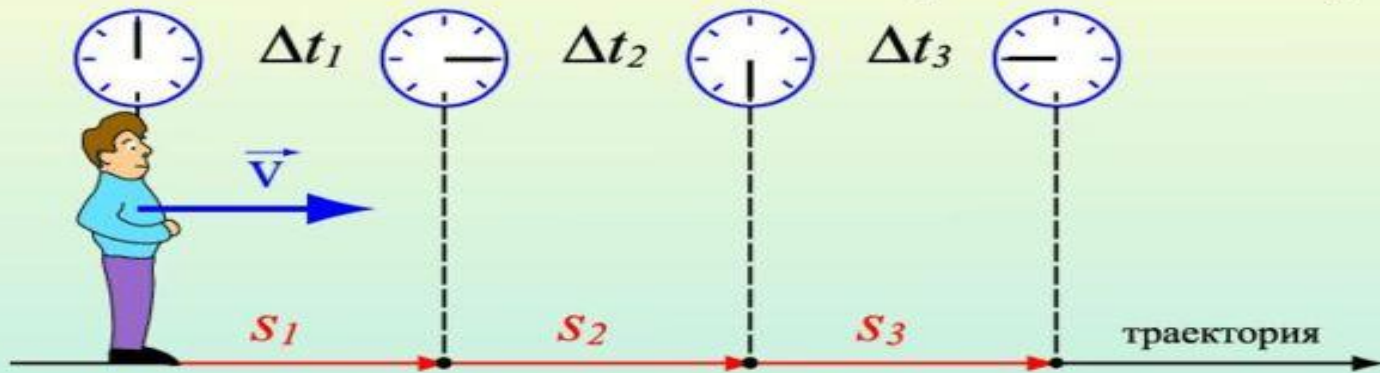
# Движение :

1)равномерное                      2)неравномерное

## Равномерное движение

### Равномерное движение

– движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути



$$S_1 = S_2 = S_3$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$$

$$v_1 = v_2 = v_3$$

Равномерное движение – движение с постоянной скоростью

$$v_1 = \frac{S_1}{\Delta t_1} \quad v_2 = \frac{S_2}{\Delta t_2} \quad v_3 = \frac{S_3}{\Delta t_3}$$

$$\vec{s} = \vec{v}t$$
$$x = x_0 + v_x t$$

# ДВИЖЕНИЯ, БЛИЗКИЕ К РАВНОМЕРНОМУ



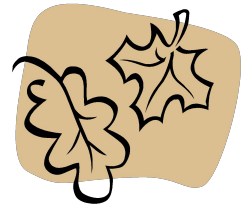
Земля вокруг Солнца движется почти равномерно, проходя приблизительно равные пути за одинаковое время, — за каждый год она делает ровно один оборот.



# Равноускоренное

(Неравномерное движение) -

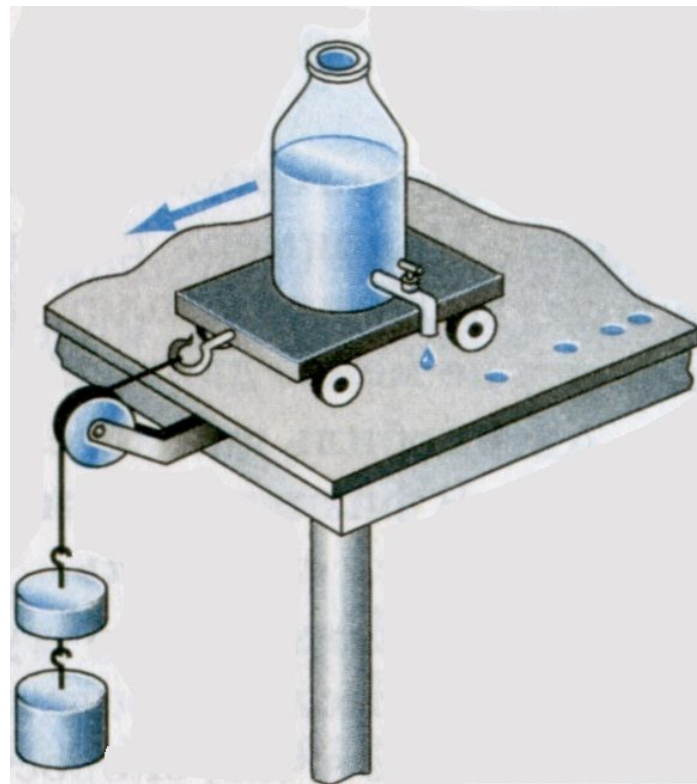
движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит разные пути



# Неравномерное движение

Расстояния между следами от капель неодинаковы.

*За одинаковые промежутки времени тележка проходит разные пути-  
**движение**  
**неравномерное.***



# Определите вид движения.

- На рис. показаны движущиеся тела: катящийся мяч, движущийся трактор и автобус.

Какие тела движутся равномерно?



# Характеристики механического движения

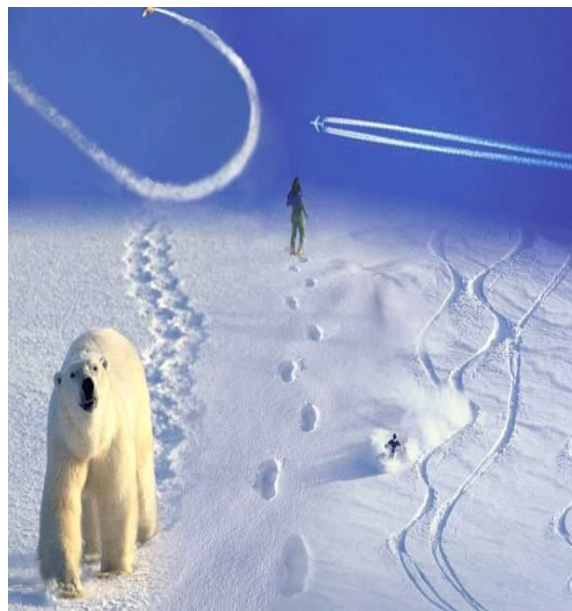
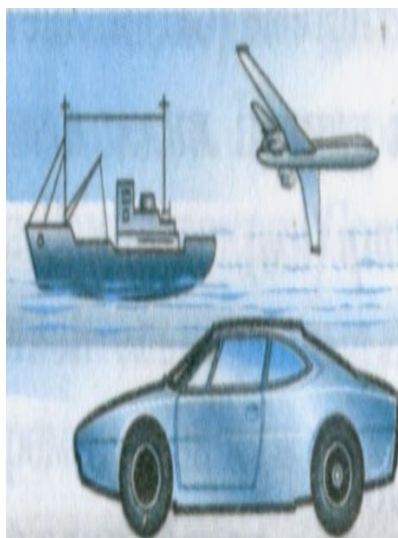
Обозначение величины	Единицы измерения величины	Формула для определения величины	Прибор для определения величины
Путь- $s$	м, км	$S = vt$	метр, рулетка
Время- $t$	с, час	$t = s/v$	часы, секундомер
Скорость - $v$	м/с, км/ч	$V = s/t$	спидометр



# Траектория – линия движения тела



**видимая - ломаная - кривая**



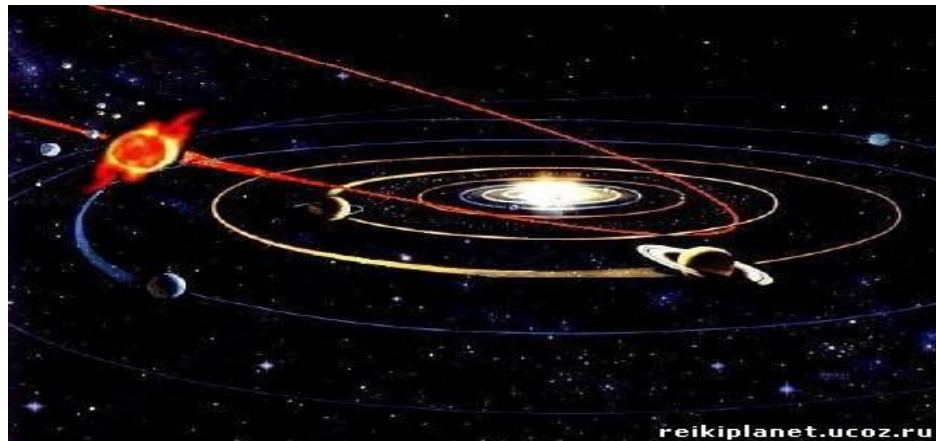
# Виды траекторий.

Нибиру.

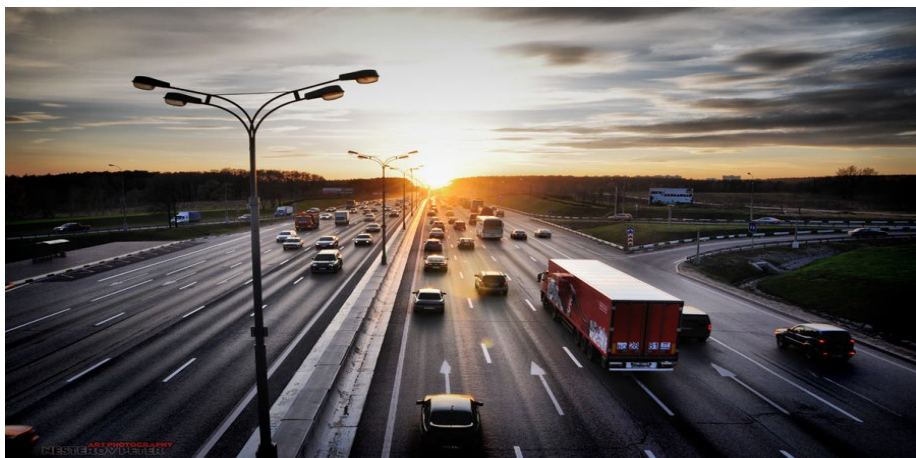
Траектория движения самолета



Траектория планеты



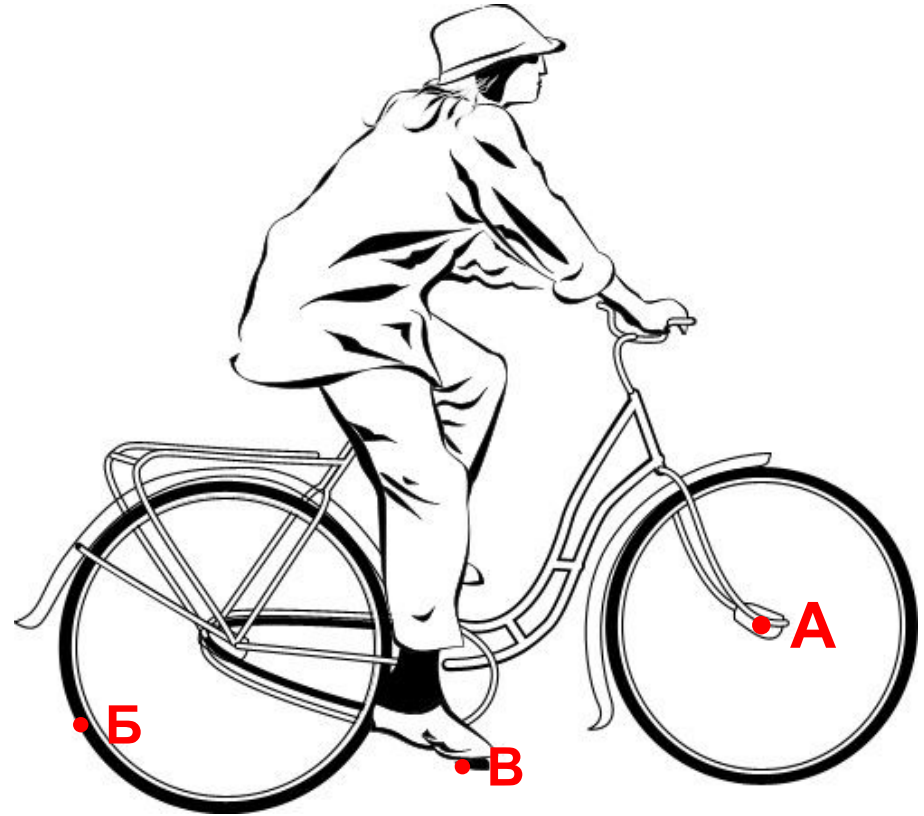
Траектория движения  
автомобилей по шоссе.



Траектория движения автомобиля  
во время аварии

# Человек едет на велосипеде по прямой дороге.

1. По какой траектории движется велосипед?
2. Какую траекторию описывает при движении ось колеса (т. А)?
3. Какую траекторию описывает точка на ободу колеса (т. Б)?
4. Какую траекторию описывает точка на педали (т. В)?

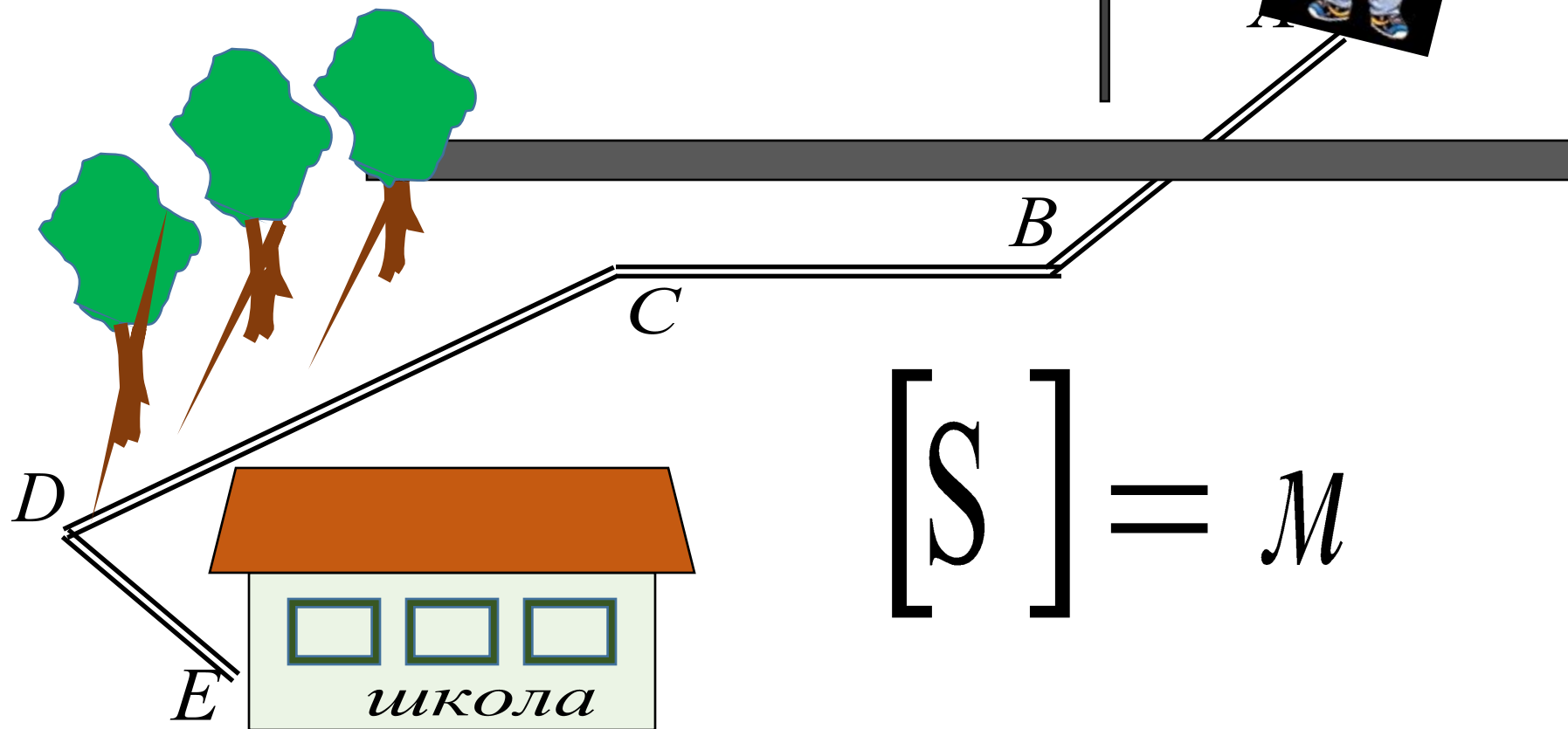


**Путь** – длина траектории, по которой

движется тело.

$s$  – обозначение

$$s = AB + BC + CD + DE$$



$$[S] = M$$



# Единицы пути

- (СИ) : [s] = м (метр)
- Другие единицы: сантиметр, километр, миллиметр, нанометр и др.
- 1 км = 1000 м =  $10^3$ м
- 1 см = 0,01 м =  $10^{-2}$ м
- 1 мм = 0,001м =  $10^{-3}$ м

# Определите путь от точки А до точки В.

- $AC = 300 \text{ M}$
- $CD = 750 \text{ M}$
- $DE = 690 \text{ M}$
- $EF = 470 \text{ M}$
- $FB = 810 \text{ M}$

$s = ?$

ОТВЕТ:  $s =$

**3020 M**



# СКОРОСТЬ

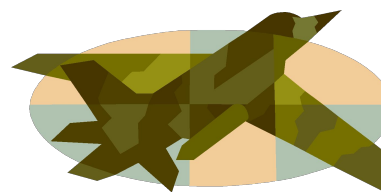


За 1 час проходят путь

**Турист - 5 км**

**Автомобиль – 90**

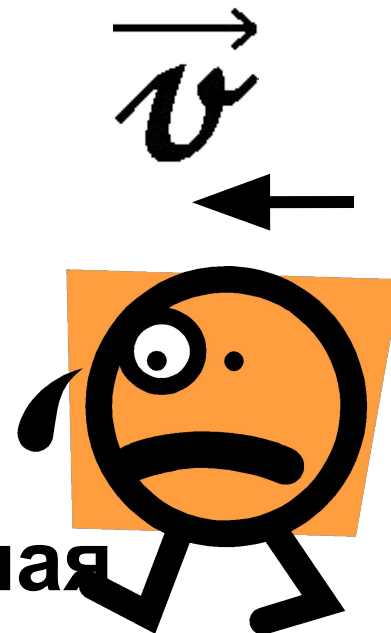
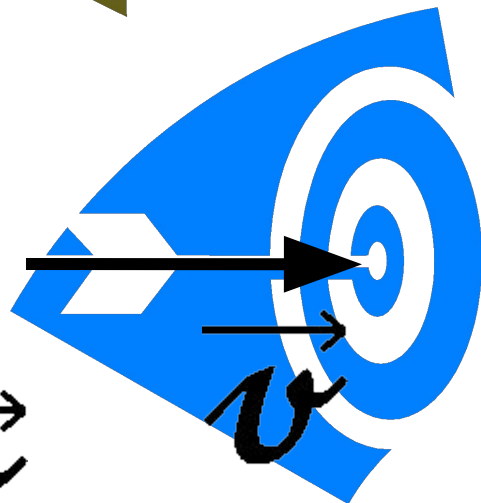
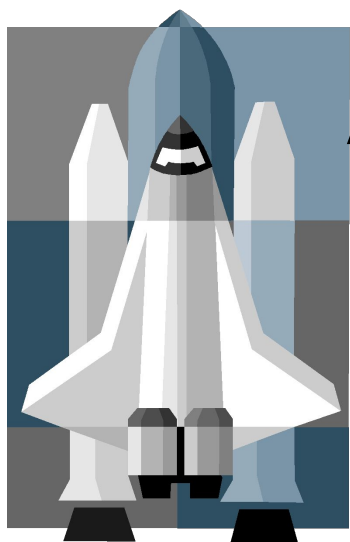
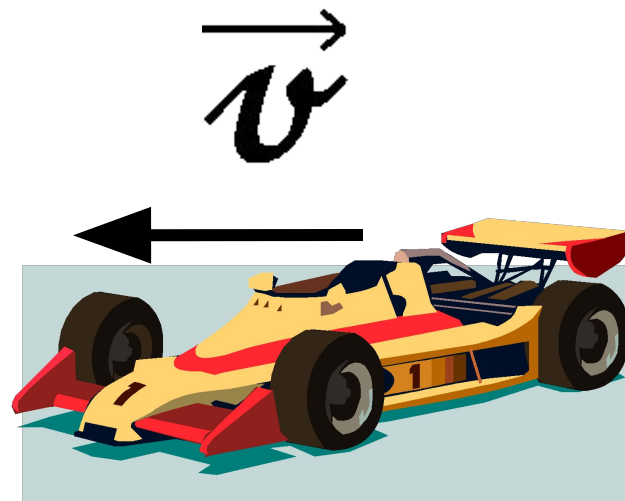
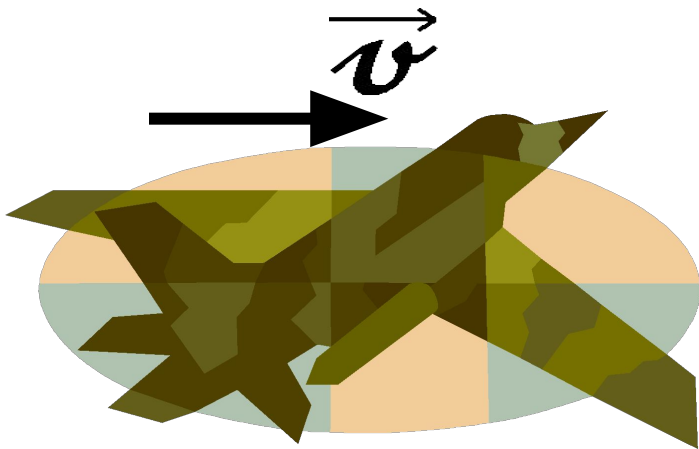
**Самолёт – 850**



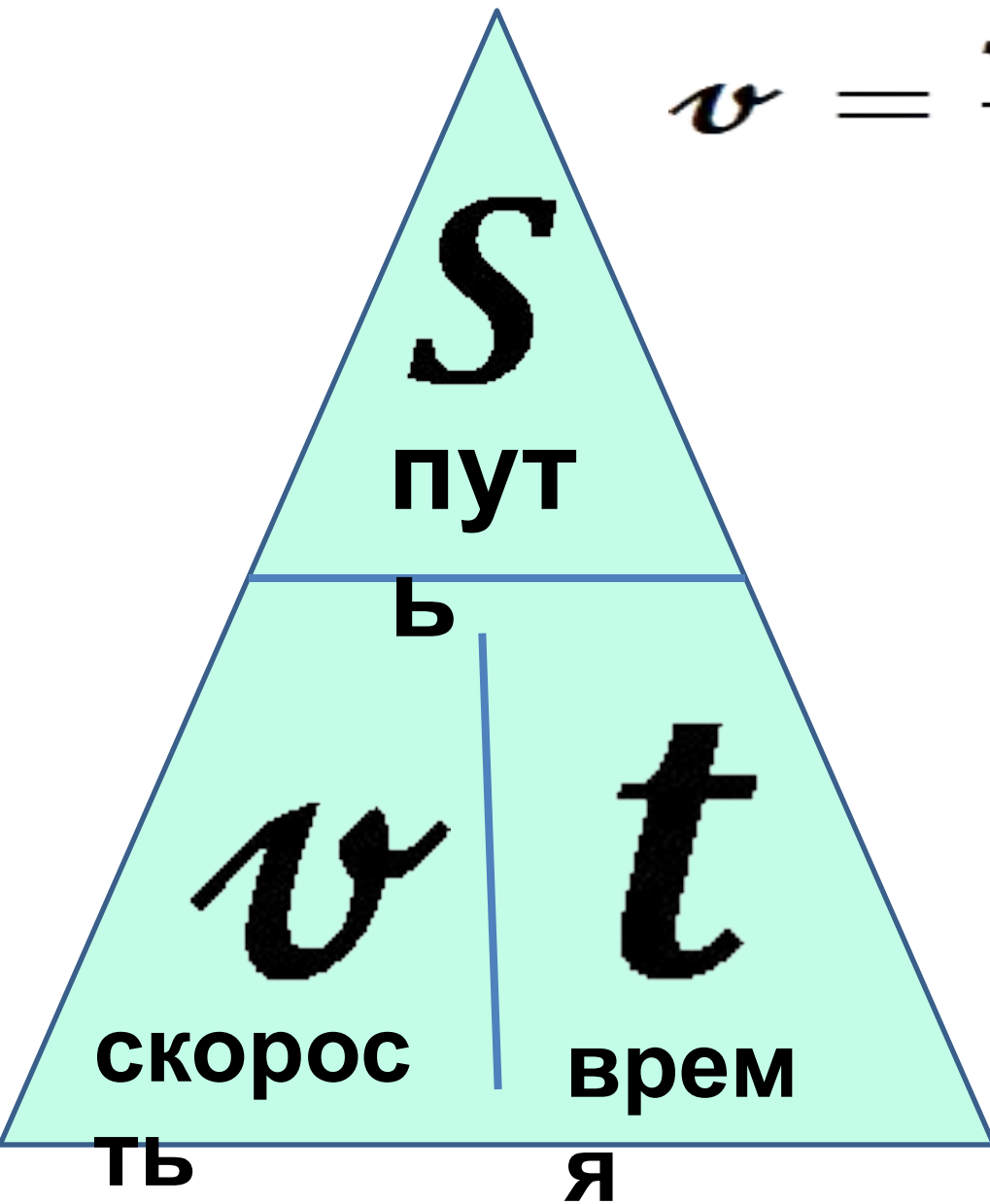
**Скорость**<sup>км</sup> - это величина,  
равная отношению пути ко времени, за которое  
этот путь пройден.

**Скорость-быстрота движения!**

$$[v] = \frac{м}{с}$$



**Скорость- векторная  
величина.**



$$v = \frac{S}{t}$$

$$S = vt$$

$$t = \frac{S}{v}$$

$$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$[t] = \text{с}$$

$$[S] = \text{м}$$

## Задача

Найди скорость, если путь, пройденный телом за 15 мин., равен 5,4 км.

Дано:	СИ
$S = 5,4 \text{ км}$	$= 5400 \text{ м}$
$t = 15 \text{ мин.}$	$= 900 \text{ с}$
<hr/>	
$v - ?$	

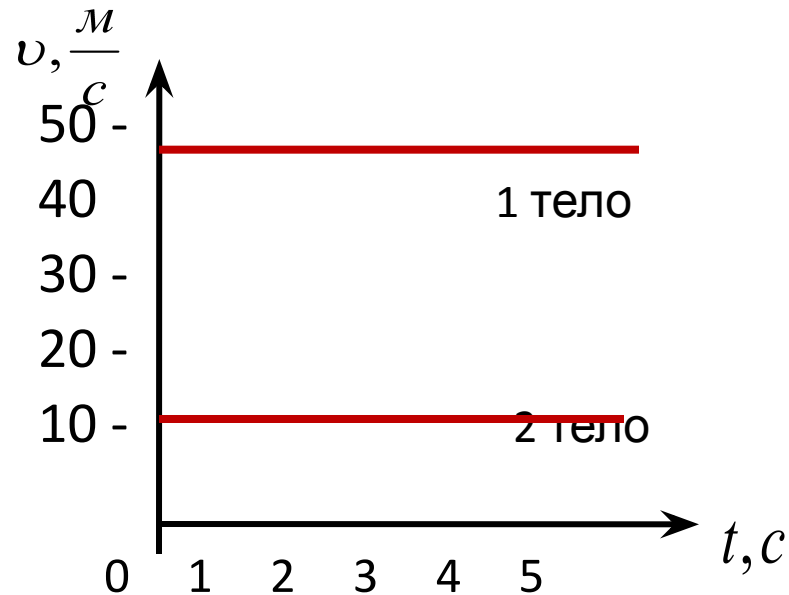
Решение:

$$v = \frac{S}{t} = \frac{5400 \text{ м}}{900 \text{ с}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $v = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

# График скорости равномерного движения.

- По графику скорости можно определить:
  - а) вид движения;
  - б) скорость движения;
  - в) путь, пройденный телом за время  $t$ .

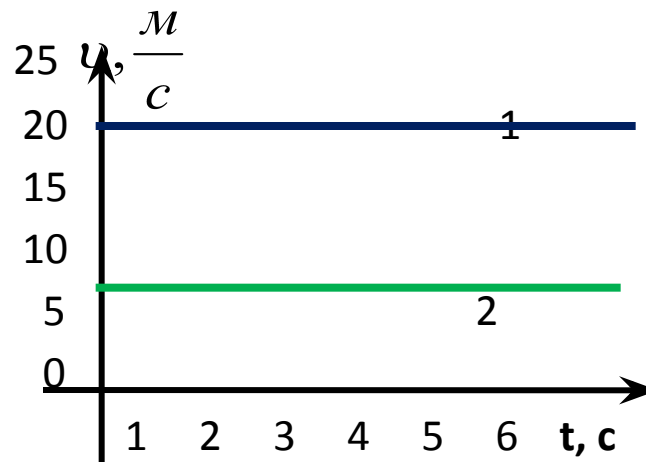


## Задача 1.

На рисунке даны графики зависимости скорости от времени для двух тел.

• Определите:

- 1) Характер движения тел.
- 2) Какое из тел двигалось быстрее?
- 3) Каковы скорости движения тел?
- 4) Путь, пройденный телами за время 5 с.





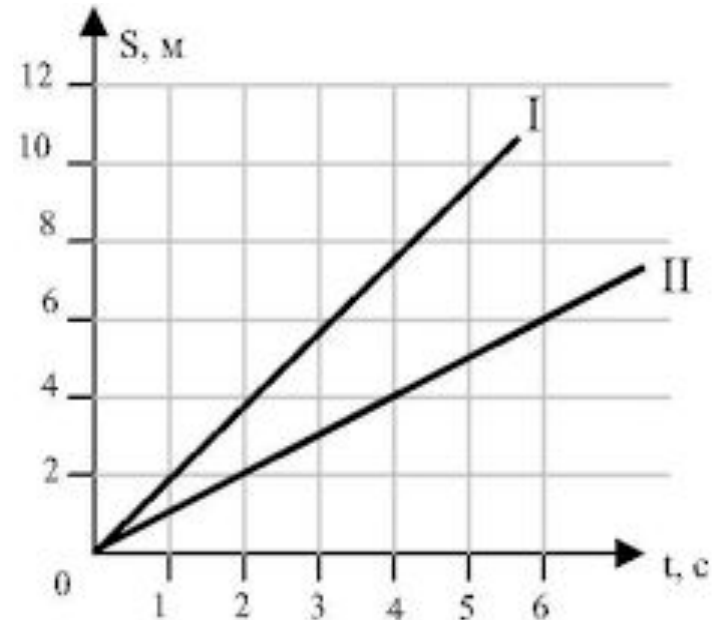
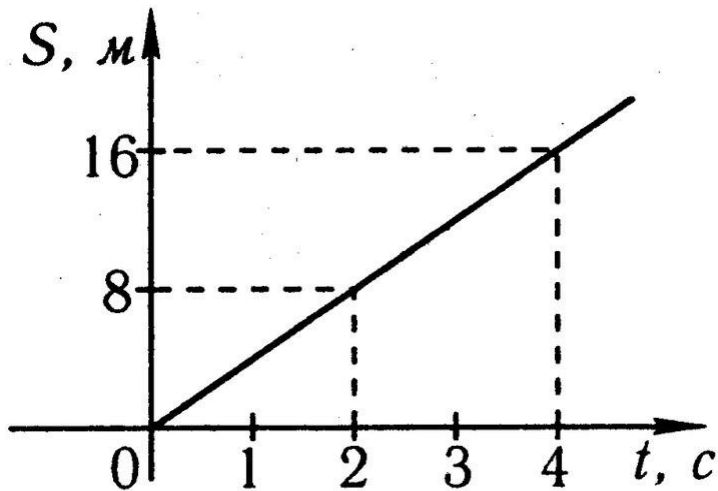
## 2)Выразить в систему СИ:

Путь: 2,4 км ; 60 дм ; 2 см ; 1200мм

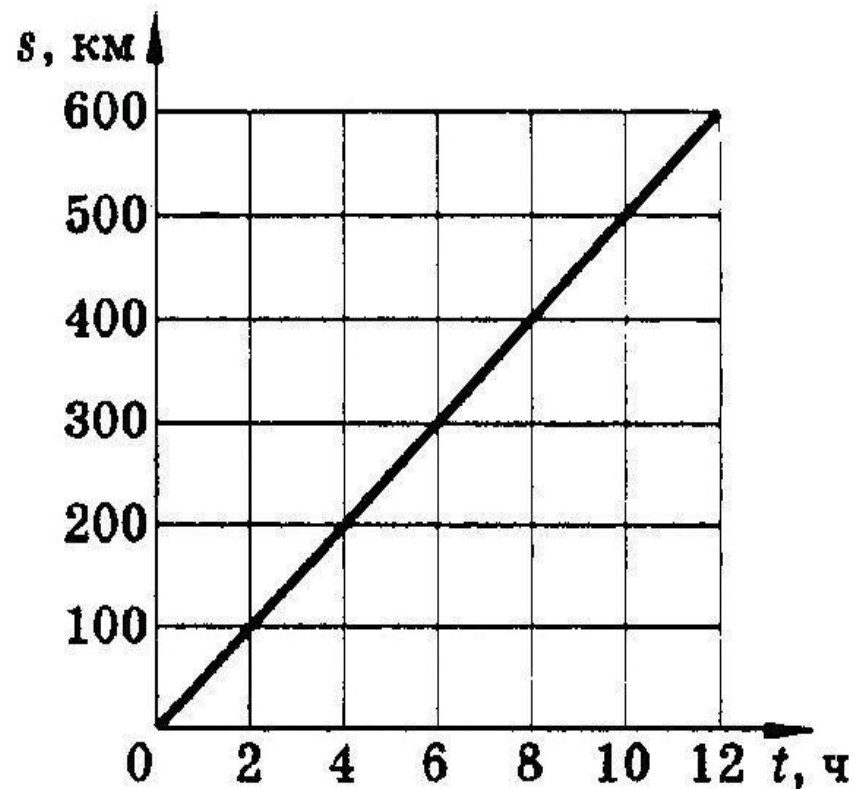
Время: 1ч ; 3ч ; 0,5 ч

Скорость: 12 км /ч ; 3,4км/ч ; 36км/ч

## 3)Определить по графикам путь пройденный телом за 4 с



## 4) Определить по графикам скорость тела через 8 секунд после движения

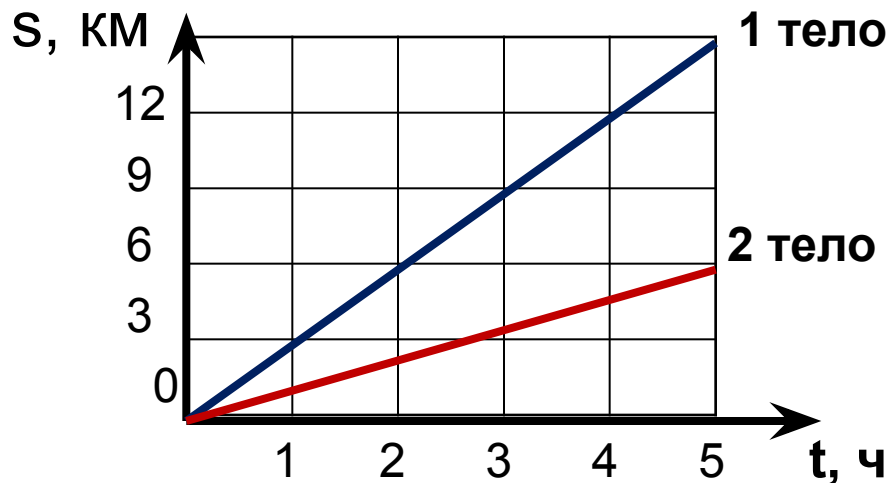


## Задача 5.

На рисунке даны графики зависимости скорости времени для двух тел.

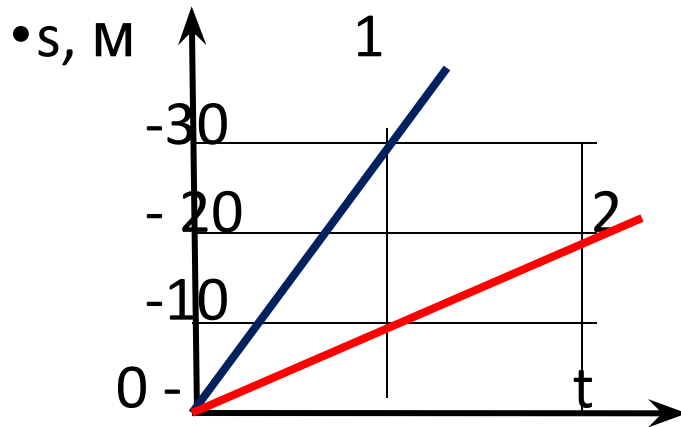
• Определите:

- 1) Характер движения тел.
- 2) Какое из тел двигалось быстрее?
- 3) Каковы скорости движения тел?
- 4) Путь, пройденный телами за время 5 с.



## Задача 6.

На рисунке приведены графики зависимости пути от времени для двух автомобилей. Скорость какого автомобиля больше? Во сколько раз?



Постройте графики скорости.

## Вариант 1

**1. Вырази в систему СИ:**

**а)Путь:**

**4км; 500см; 17000мм.**

**б)Скорость:**

**72 км/ч;**

**в)Время:**

**5часов ; 50 мин.**

**2. Найди скорость, если путь, пройденным телом за 5 мин., равен 75 км.**

## Вариант 2

**1. Вырази в систему СИ:**

**а)Путь:**

**7км; 200см; 14000мм;**

**б)Скорость:**

**54 км/ч;**

**в)Время:**

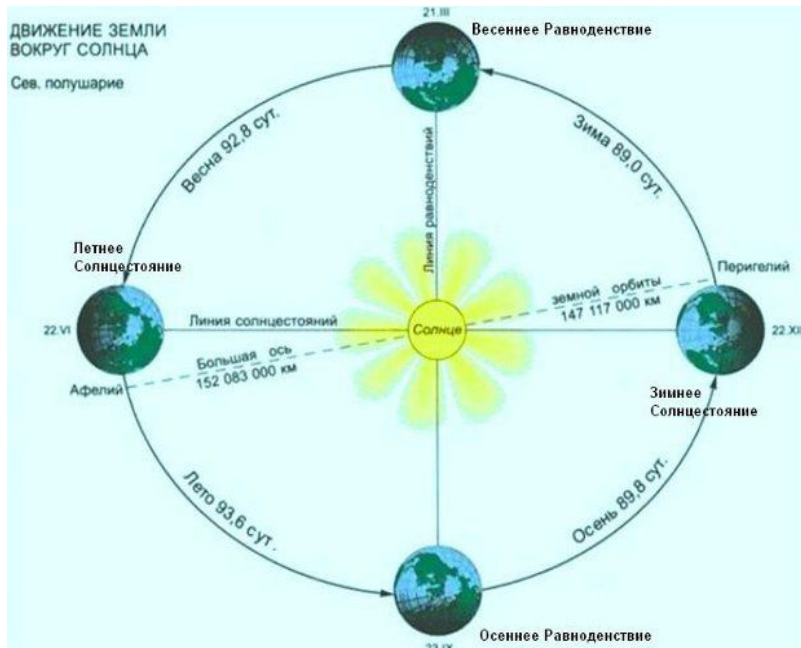
**8часов; 80 мин.**

**2. Найди скорость, если путь, пройденным телом за 3 мин., равен 45 км.**

# Механическое движение ( по скорости)

1) равномерное

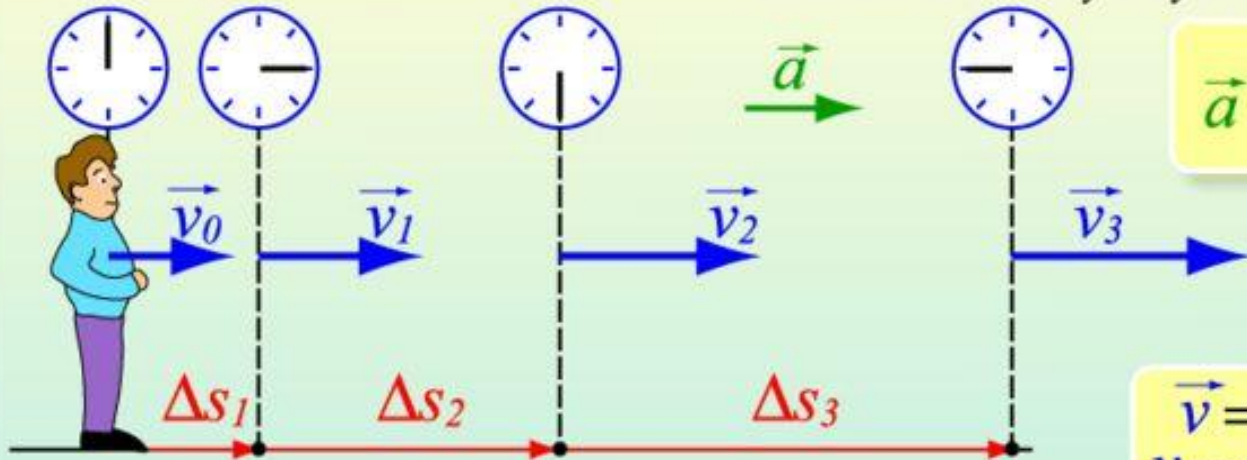
2) равноускоренное



# Равноускоренное движение

## Равнопеременное движение

движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$
$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$\Delta \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}_2 = \Delta \vec{v}_3$$
$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3$$

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2 = \vec{a}_3$$

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} \quad a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} \quad a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3}$$

Равнопеременное движение – движение с постоянным ускорением

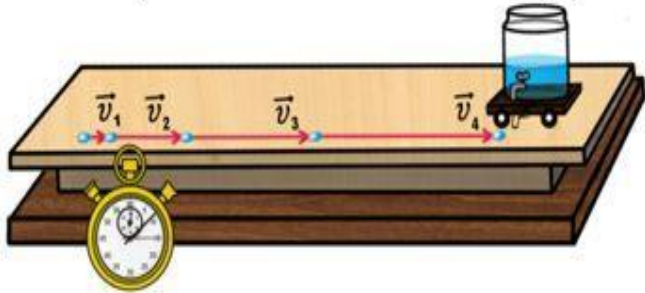
$$\vec{s} = \vec{v}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

MyShared

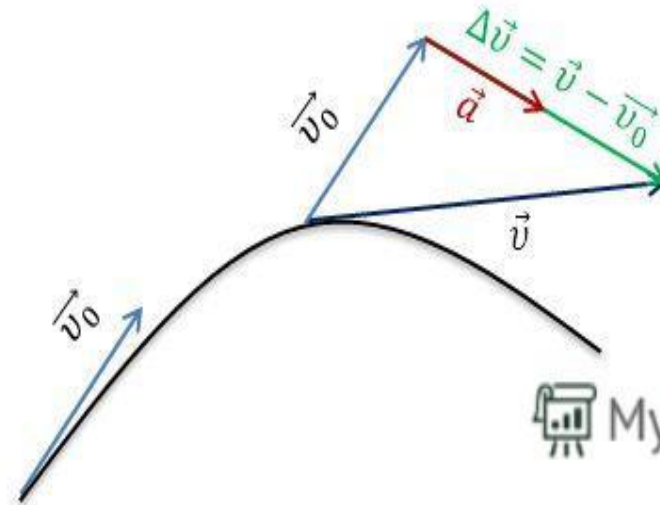
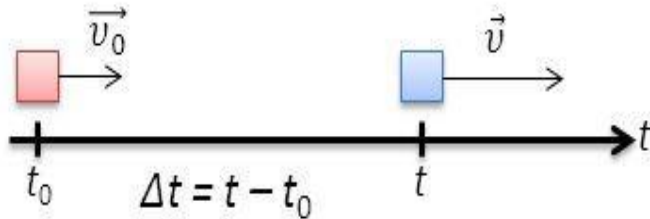
# Прямолинейное равноускоренное движение

движение тела, при котором его скорость за любые равные промежутки времени изменяется одинаково, а траекторией является прямая линия.



**Ускорение** — физическая векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости и численно равная отношению изменения скорости тела к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \quad [\vec{a}] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right]$$





# УСКОРЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЕ:  $a$

ФОРМУЛА:  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$        $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$

$\vec{v}$  - конечное значение скорости тела

$\vec{v}_0$  - начальное значение скорости тела

$t$  - время, за которое изменилась скорость

ЕДИНИЦЫ  
ИЗМЕРЕНИЯ:  $[a] = \left[ \frac{m}{c^2} \right]$

Куда движутся тела и как изменяются их скорости, векторы начальных скоростей и ускорений которых показаны на рисунке 1?

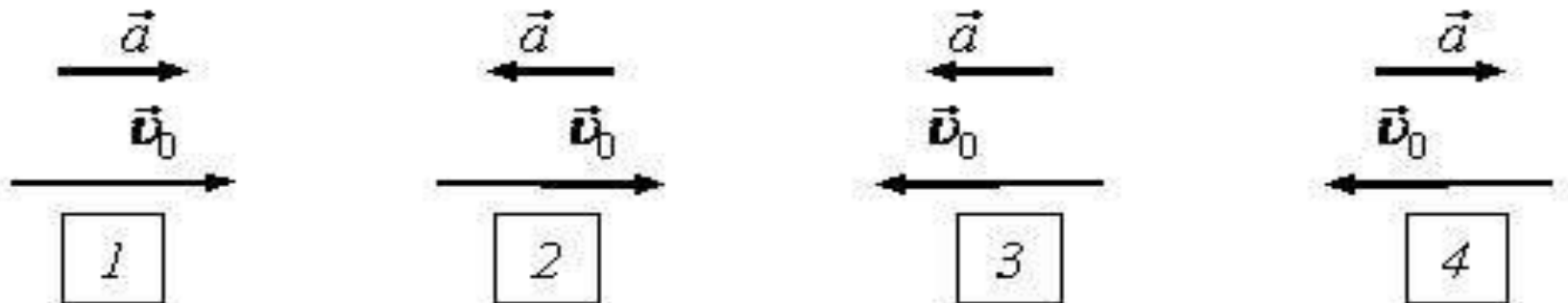
Направление движения определяем по направлению скорости, изменение скорости – по направлению ускорения и скорости.

Тело 1 движется *вправо*; направления ускорения и скорости совпадают, следовательно, скорость его *увеличивается*.

Тело 2 движется *вправо*; ускорение направлено в противоположную сторону скорости, следовательно, скорость его *уменьшается*.

Тело 3 движется *влево*; направления ускорения и скорости совпадают, следовательно, скорость его *увеличивается*.

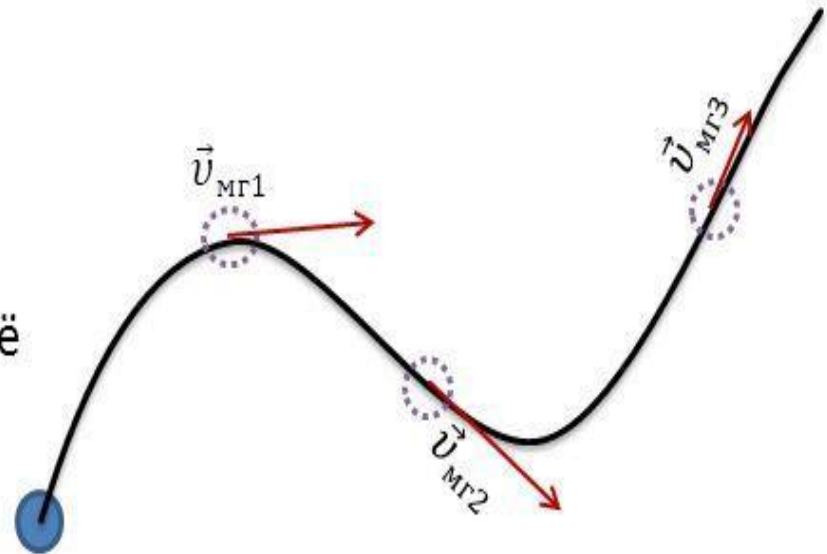
Тело 4 движется *влево*; ускорение направлено в противоположную сторону скорости, следовательно, скорость его *уменьшается*.



# Мгновенная скорость

скорость тела в данный момент времени или в данной точке траектории

Мгновенная скорость — величина векторная. Она направлена по касательной к траектории в каждой её точке в сторону перемещения



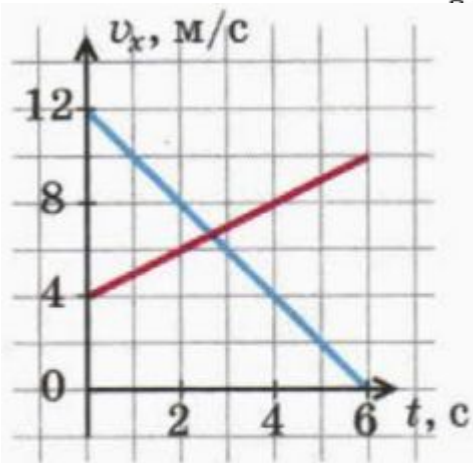
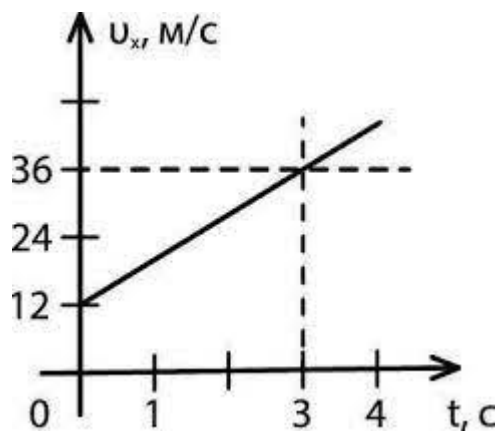
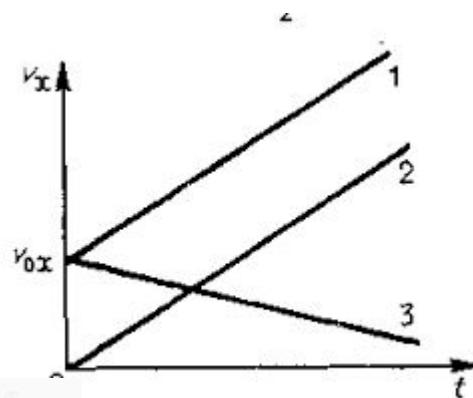
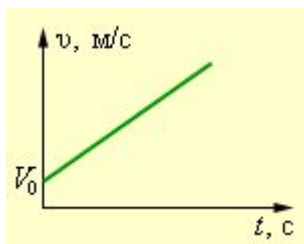
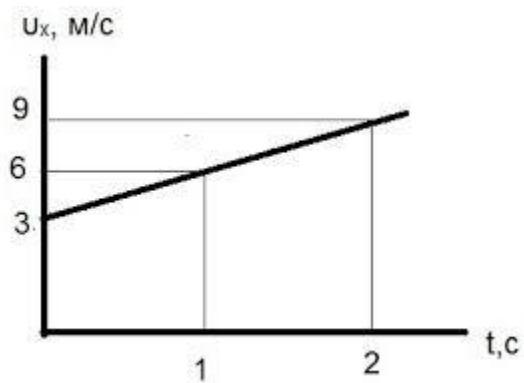
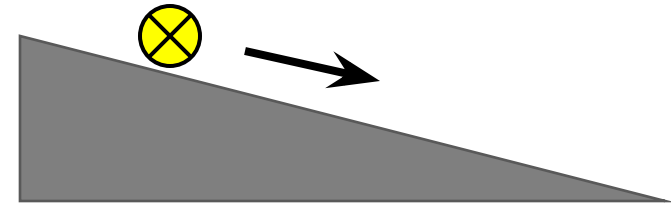


Рис. 5.5



# Неравномерное движение.



- Неравномерное движение можно характеризовать средней скоростью:

(весь)

$$v_{\text{ср.}} = \frac{s}{t} \quad (\text{всё})$$

# Средняя

# скорость

Чтобы определить среднюю скорость при неравномерном движении, надо весь пройденный путь разделить на все время движения:

$$v_{\text{ср}} = \frac{\text{весь путь}}{\text{все время}} = \text{средняя скорость}$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_1 + S_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}$$

***Равноускоренным  
прямолинейным движением***  
называется прямолинейное  
движение, при котором скорость  
тела меняется линейно со  
временем:

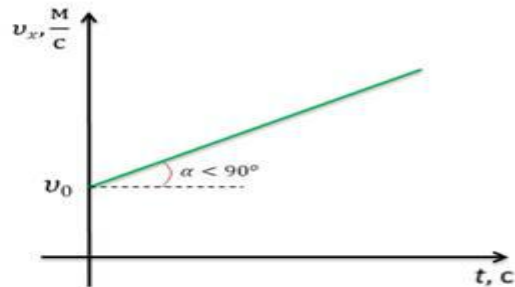
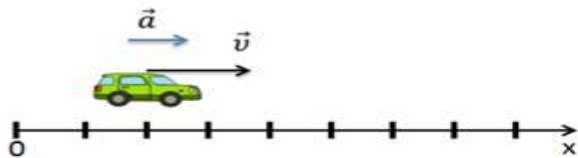
$$\mathbf{v}_x = \mathbf{v}_{0x} + \mathbf{a}_x t$$

**Если  $\mathbf{v}_0 = 0$ , то**

$$\mathbf{v}_x = \mathbf{a}_x t$$

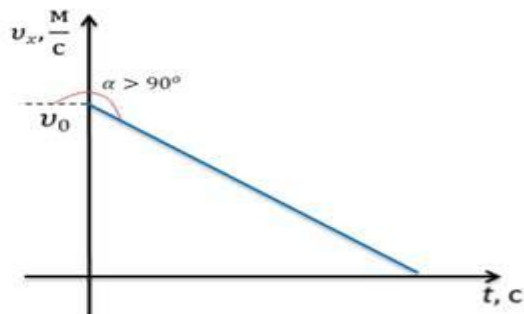
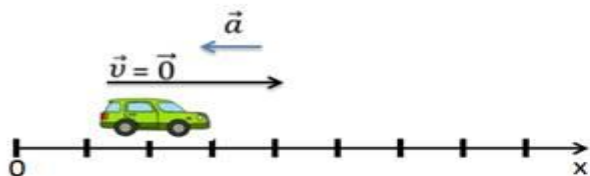
Если  $a_x > 0; v_{0x} > 0$

$$v = v_0 + at$$



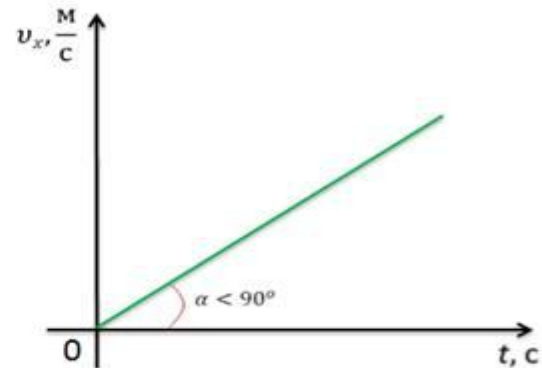
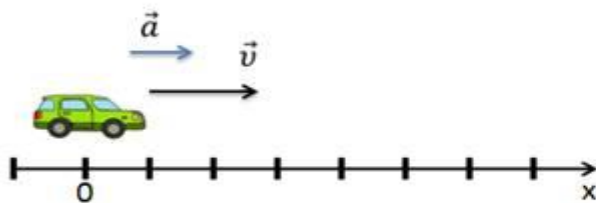
Если  $a_x < 0; v_{0x} > 0$

$$v = v_0 - at$$



Если  $a_x > 0; v_{0x} = 0$

$$v = at$$

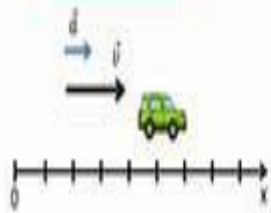




Вид графика функции  $v_x = v_{0x} + a_x \Delta t$  в зависимости от знаков проекций ускорения и начальной скорости

Если  $a_x > 0; v_{0x} > 0$

$$v = v_0 + at$$

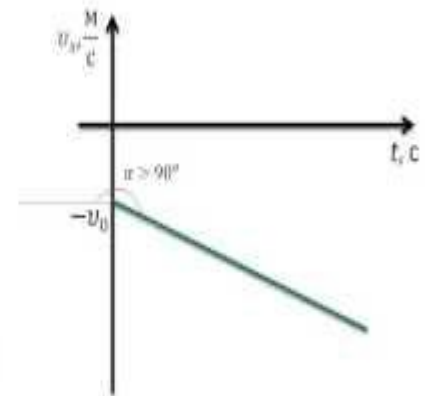
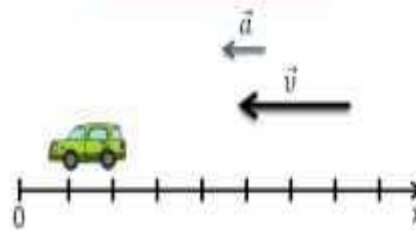


<http://videouroki.net>

Вид графика функции  $v_x = v_{0x} + a_x \Delta t$  в зависимости от знаков проекций ускорения и начальной скорости

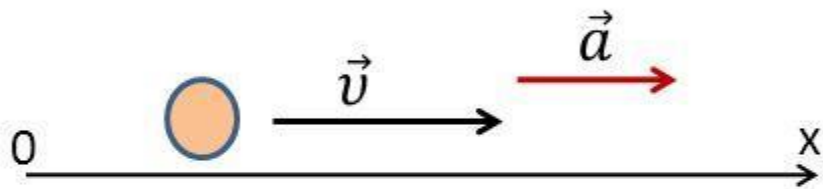
Если  $a_x < 0; v_{0x} < 0$

$$v = -v_0 - at$$

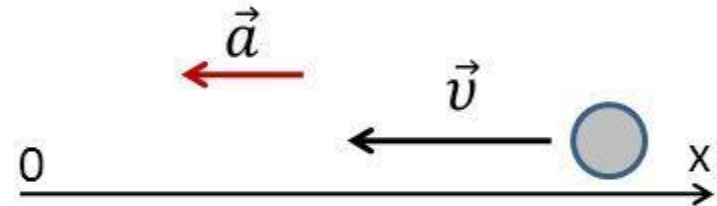


<http://videouroki.net>

# Связь знаков проекций скорости $v_x$ и ускорения $a_x$ с характером движения тела



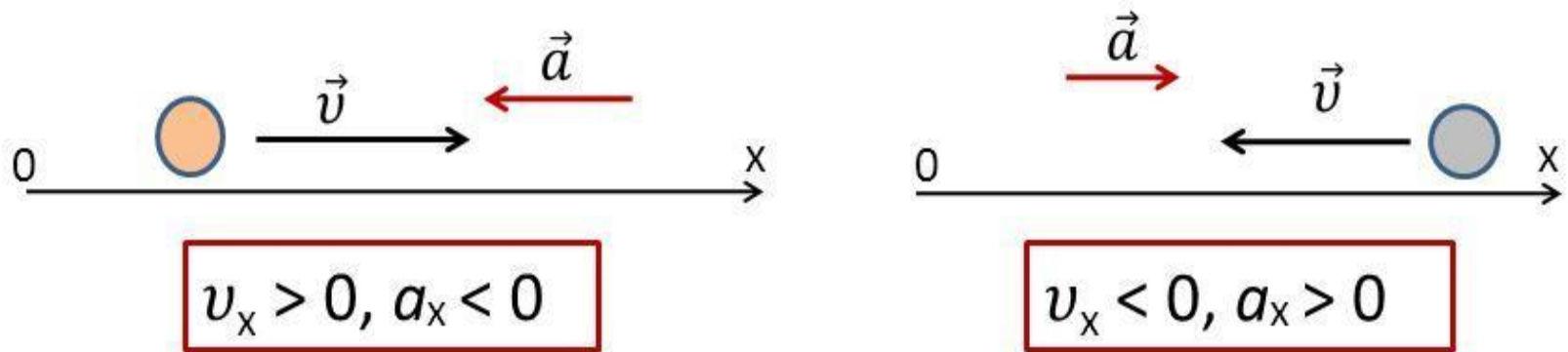
$$v_x > 0, a_x > 0$$



$$v_x < 0, a_x < 0$$

если векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{v}$  сонаправлены, то  
**скорость тела увеличивается**

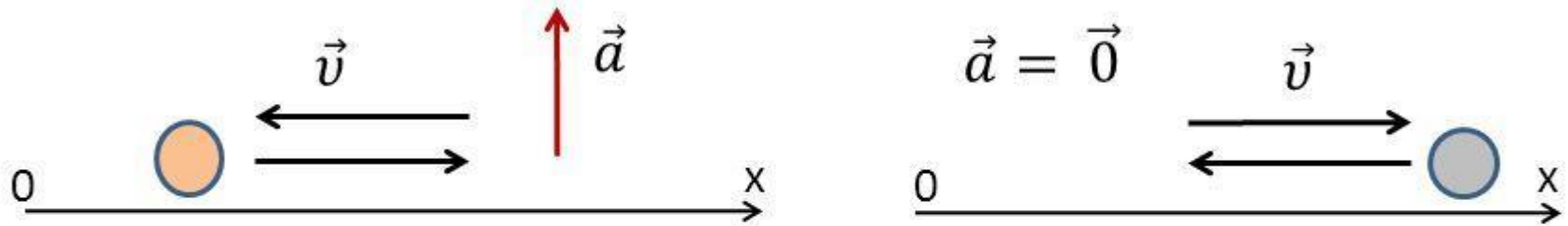
## Связь знаков проекций скорости $v_x$ и ускорения $a_x$ с характером движения тела



если векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{v}$   
противоположно направлены, то  
**скорость тела уменьшается**



Связь знаков проекций скорости  $v_x$  и ускорения  $a_x$  с характером движения тела



$$v_x = \text{const}$$

Скорость постоянна,  
если вектор  $\vec{a} = \vec{0}$  или  $\vec{v} \perp \vec{a}$

# Неравномерное движение

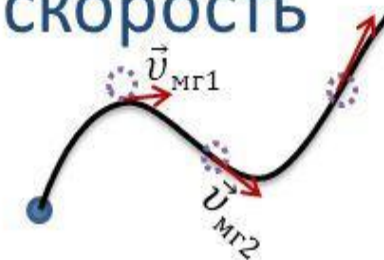
Средняя  
скорость

$$\vec{v}_{\text{cp}} = \frac{\vec{s}}{t}$$

Ускорение

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \quad [\vec{a}] = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right]$$

Мгновенная  
скорость



$$\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}$$


Скорость тела  
увеличивается

$$\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{v}$$

Скорость тела  
уменьшается

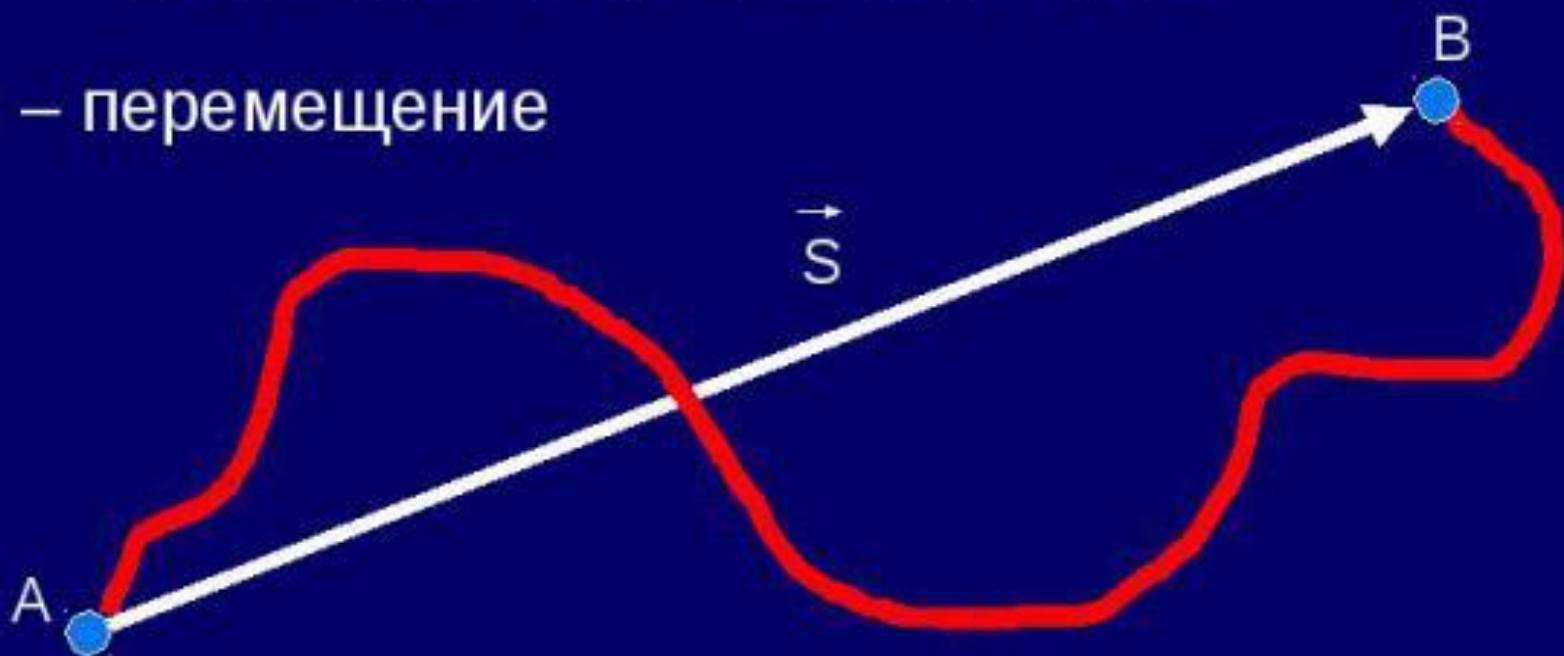
$$\vec{a} \perp \vec{v} \text{ или } \vec{a} = \vec{0}$$
$$\vec{v} = \overline{\text{const}}$$





Перемещение – это  
направленный отрезок (вектор)  
соединяющий начальное и  
конечное положение тела

$\vec{S}$  (м) – перемещение



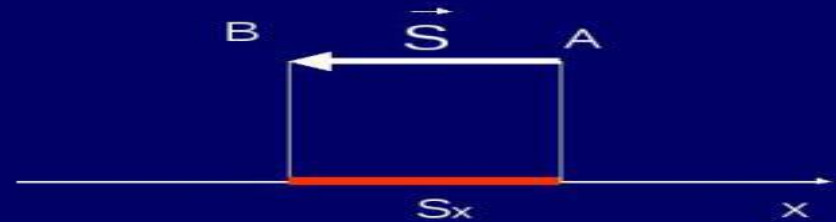
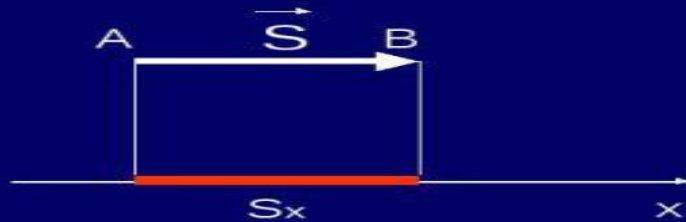
**Перемещение** – это вектор, соединяющий начальное и конечное положения тела





# Определение проекции вектора перемещения на ось

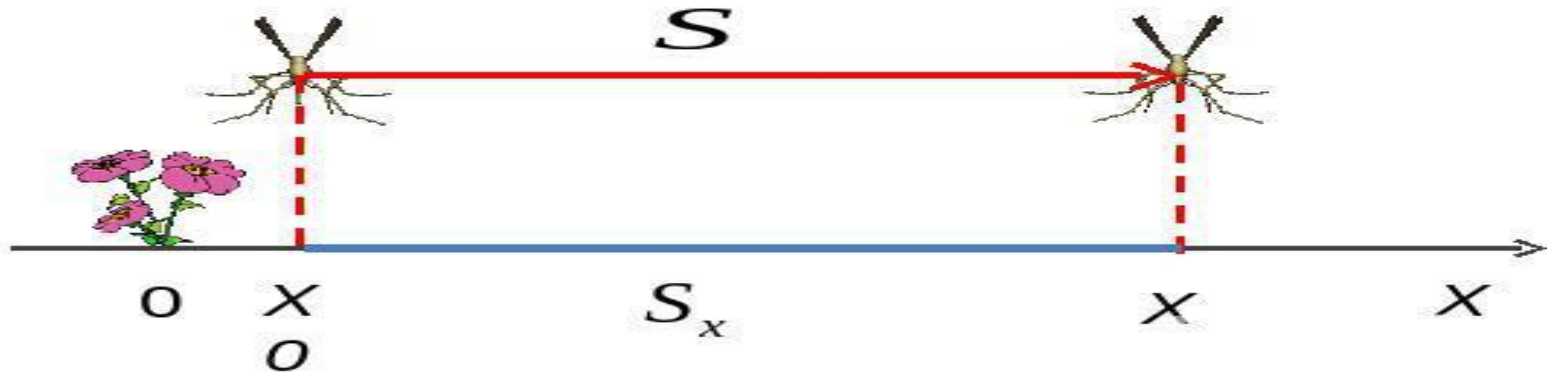
Одномерная система координат



$\vec{S}$ -перемещение

$S_x$ -проекция перемещения

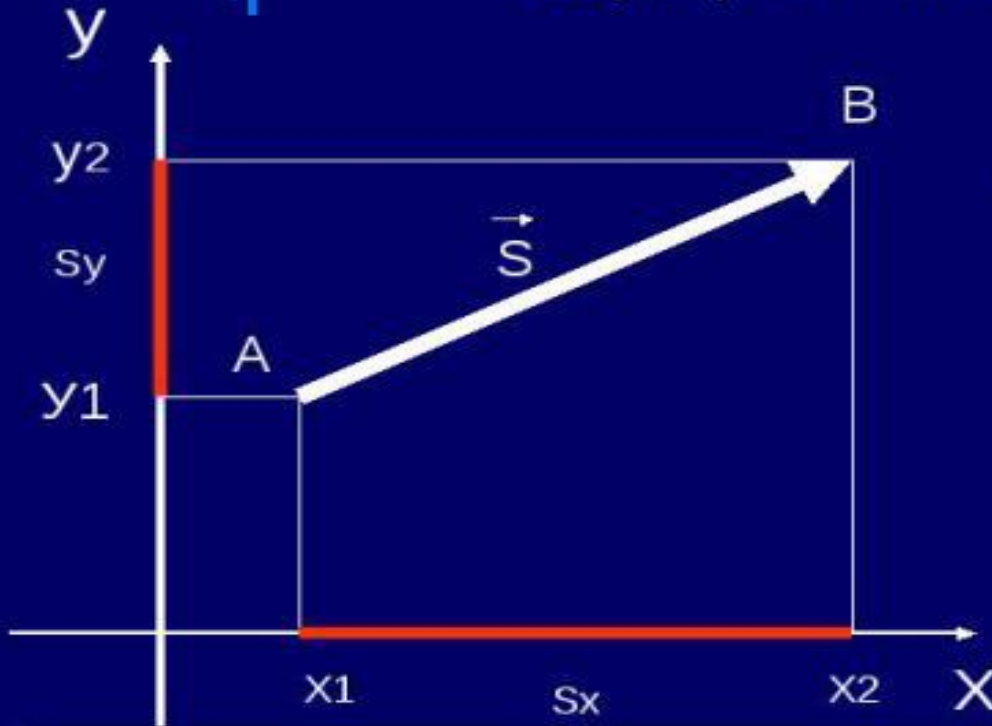
$$S_x = x - x_0 \quad x = x_0 + S_x$$





# Определение проекции вектора на ось

Двумерная система координат



$$A (X_1; Y_1) \quad B(X_2; Y_2)$$

$$S_x = X_2 - X_1$$

$$S_y = Y_2 - Y_1$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

PPT4WEB.ru



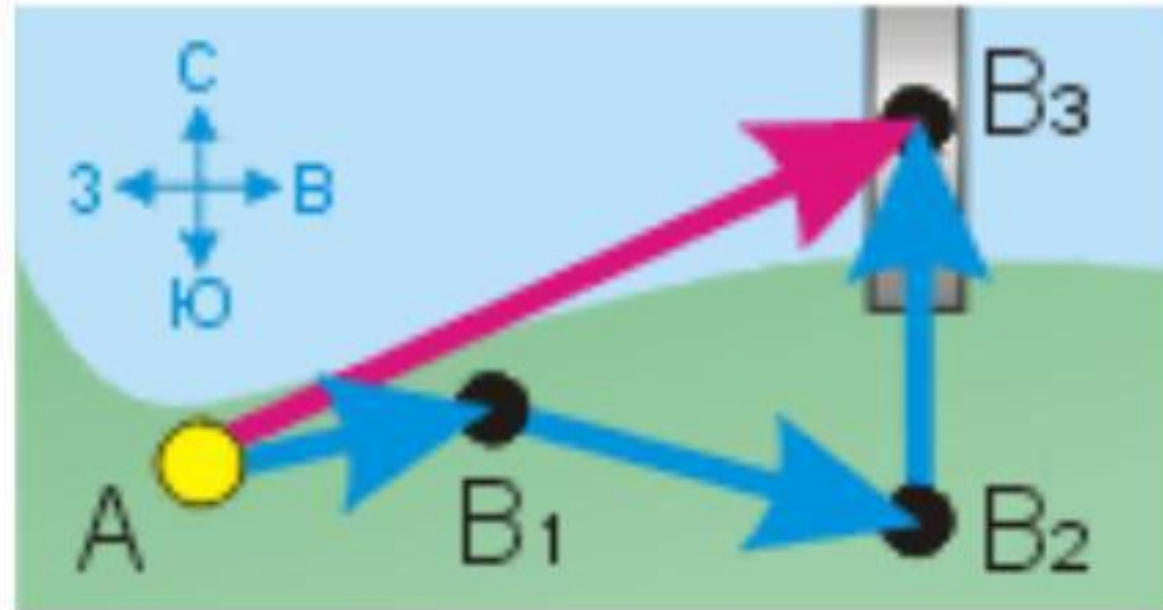
## Проекция на ось X:

□  $S_x > 0$  направление оси X и  $\vec{S}$  совпадают

□  $S_x < 0$  направление оси X и  $\vec{S}$  **не** совпадают

□  $S = 0$   $\vec{S} \perp$  оси

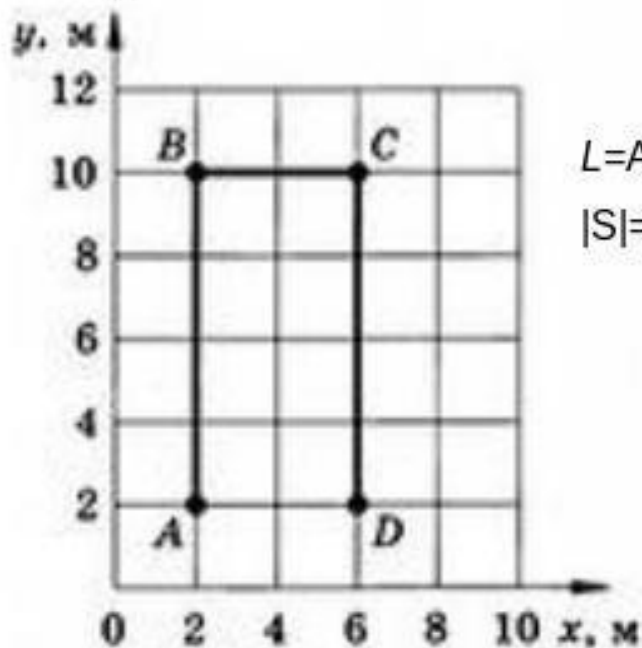
# Определение пройденного пути и перемещения



$$L = AB_1 + B_1B_2 + B_2B_3$$

$$\vec{S} = \overrightarrow{AB_3}$$

Определите по графику пройденный путь и модуль перемещения материальной точки.



$$L = AB + BC + CD = 8 \text{ м} + 4 \text{ м} + 8 \text{ м} = 20 \text{ м}$$

$$|S| = AD = 4 \text{ м}$$

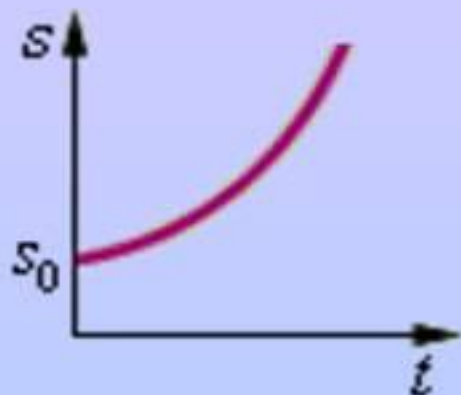
Рис. 7

# Прямолинейное равноускоренное движение

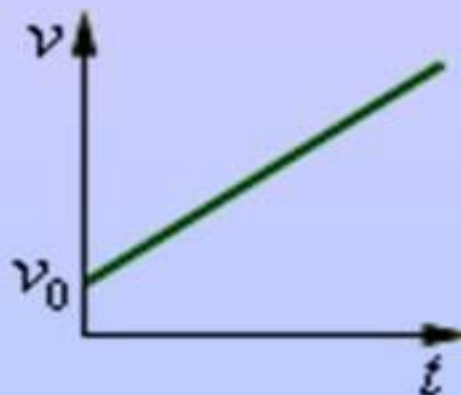
Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости.

Величина	Формула
Ускорение	$\vec{a} = \overrightarrow{const}$ $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$
Уравнение скорости	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}\Delta t$
Уравнение перемещения	$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$
Кинематическое уравнение РУД	$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$

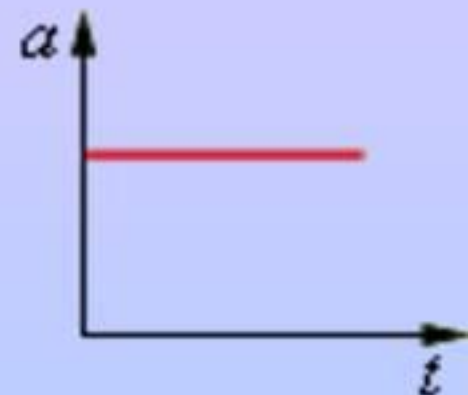




Перемещение



Скорость

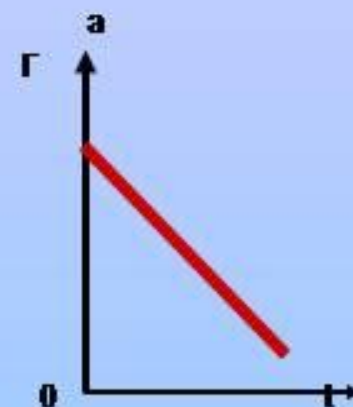
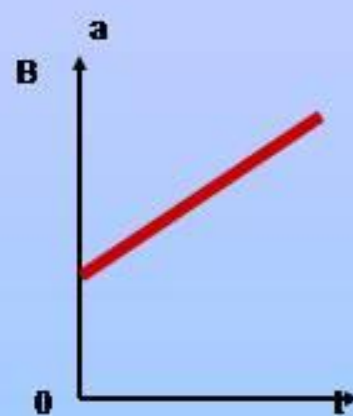
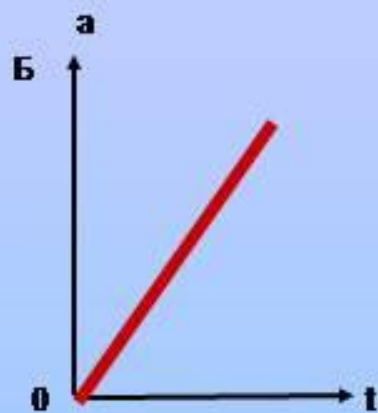
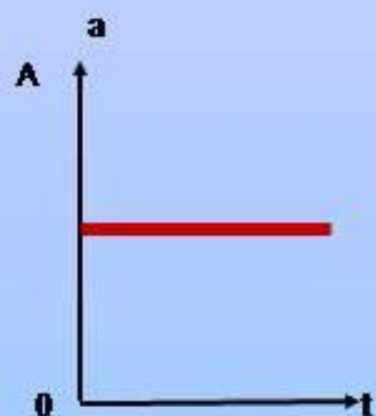


Ускорение

## Перемещение, скорость и ускорение при равноускоренном прямолинейном движении



Какой из представленных графиков выражает зависимость ускорения материальной точки от времени при равноускоренном движении?





## №2

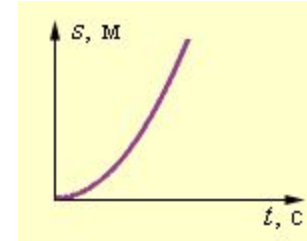
- Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Найти путь и перемещение мяча.



# Основные формулы кинематики

$$S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

$$v = v_0 \pm at$$



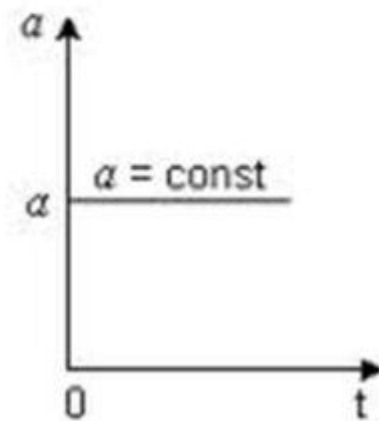
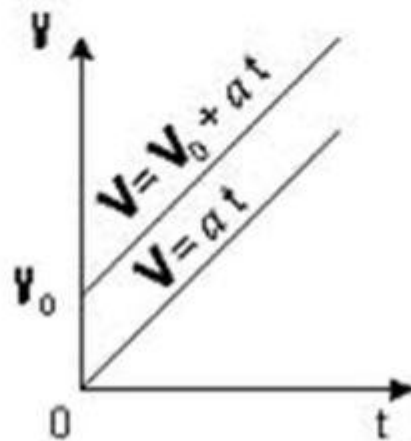
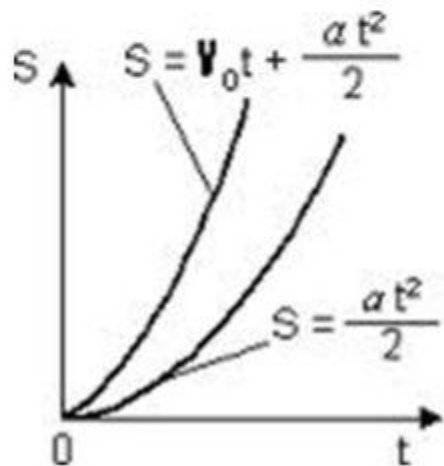
Если  $a = 0$ , то

$$S = v_0 t$$

$$S = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

$$S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

$$v = v_0 \pm at$$

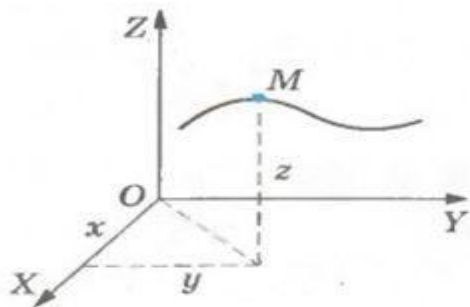


	<b>Покой</b> $a_x = 0$ $v_x = 0$ $s_x = 0$ $x = x_0$	<b>Равномерное движение</b> $a_x = 0$ $v_x = \text{const}$ $s_x = v_x t$ $x = x_0 + v_x t$ $\bar{v}_1 \uparrow \uparrow OX$ $\bar{v}_2 \uparrow \downarrow OX$	<b>Равноускоренное движение</b> $a_x = \text{const},$ $\bar{a} \uparrow \uparrow \bar{v}_0, \bar{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 + at$ $s_x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	<b>Равнозамедленное движение</b> $a_x = \text{const},$ $\bar{a} \uparrow \downarrow \bar{v}_0, \bar{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 - at$ $s_x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$
$a_x(t)$				
$v_x(t)$				
$s_x(t)$				
$l(t)$				
$x(t)$				

Любое движение	Равноускоренное движение	
	общий случай	$v_0 = 0$
$v_{cp} = \frac{s}{t}$ (определение)	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $v^2 - v_0^2 = 2as$ $v_{cp} = \frac{v_0 + v}{2}$	$v = at$ $s = \frac{at^2}{2}$ $v^2 = 2as$ $v_{cp} = \frac{v}{2}$

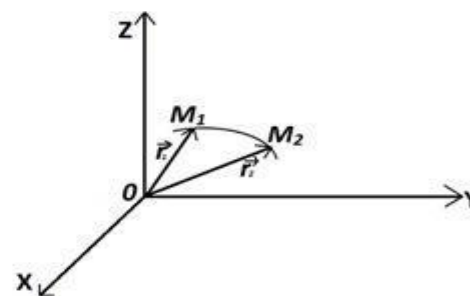
# Способы описания движения

координатный



$x = x(t), y = y(t), z = z(t)$  –  
Кинематические уравнения  
движения точки  
(координатная форма)

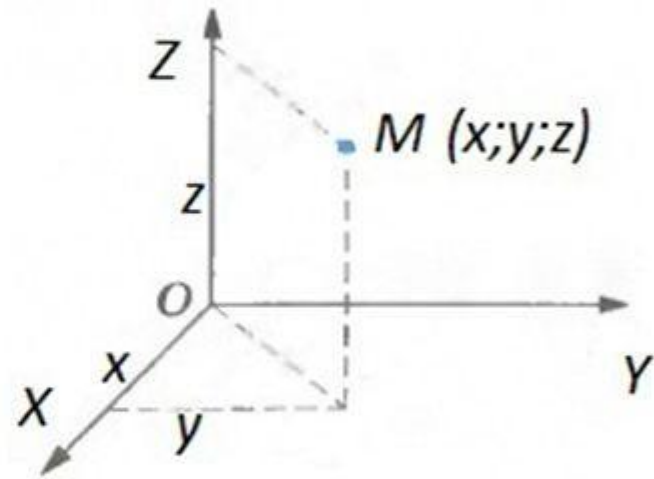
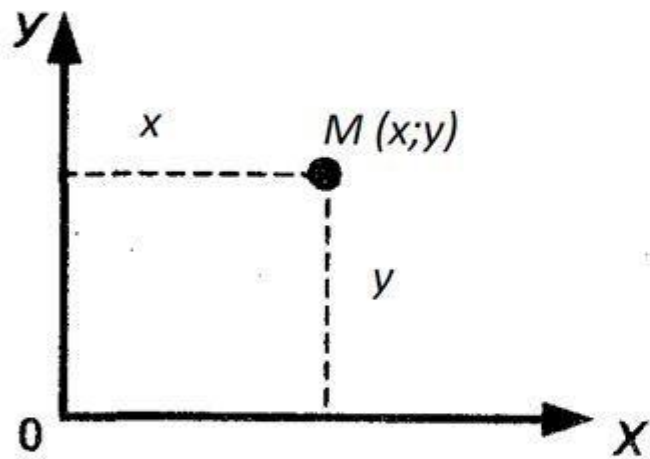
векторный



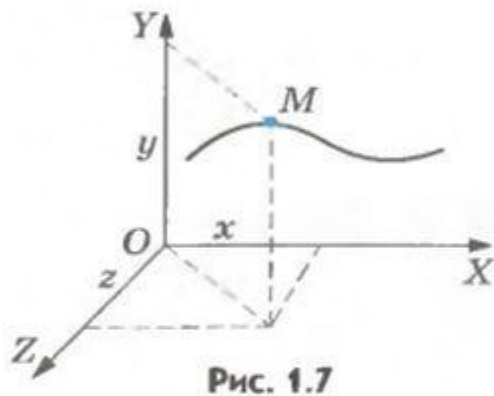
$r = r(t)$  –  
Кинематическое уравнение  
движения точки  
(векторная форма)

Положение точки в пространстве определяется

- **1) КООРДИНАТАМИ**



# Координатный способ



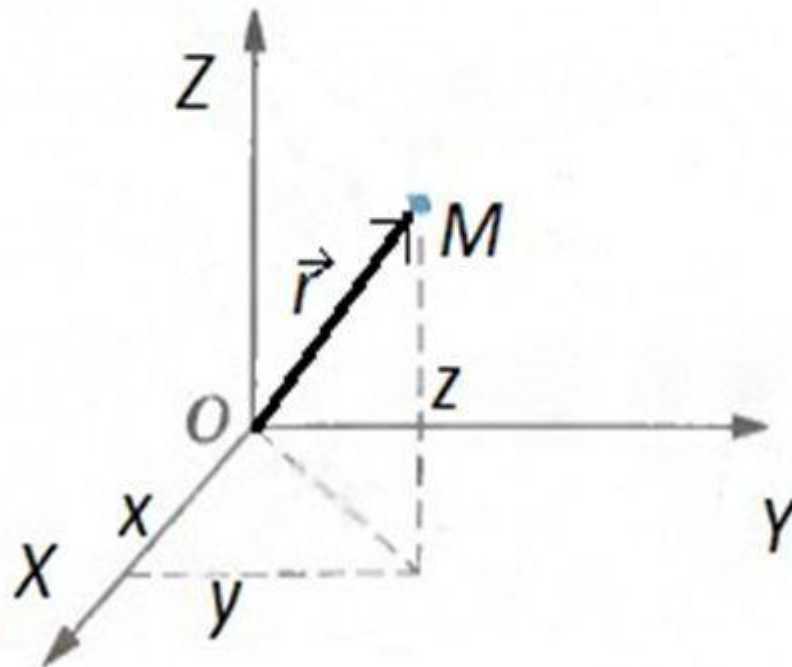
Если точка движется, то ее координаты изменяются с течением времени. Так как координаты точки зависят от времени, то можно сказать, что они являются функциями времени.

-кинематические  
уравнения движения точки

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t), \end{cases}$$



- 2) РАДИУС ВЕКТОРОМ



# Векторный способ.

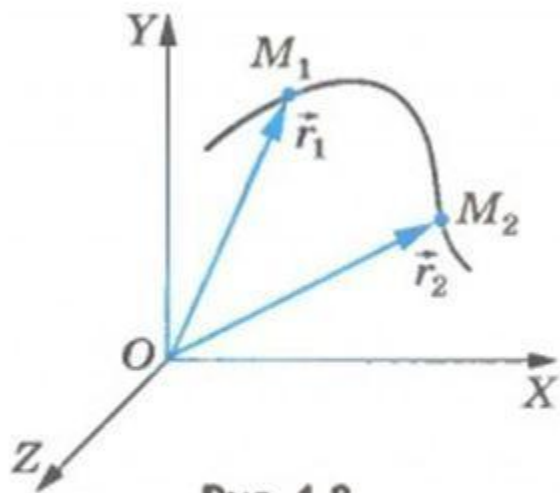
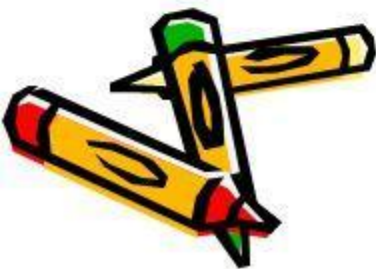


Рис. 1.8

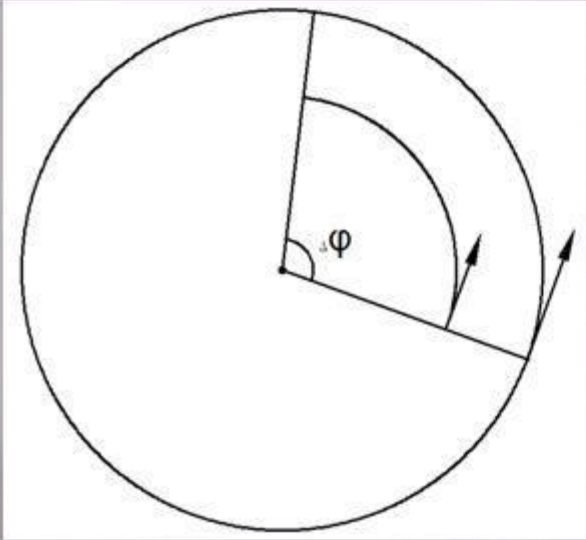
$$\vec{r} = \vec{r}(t).$$

закон движения точки,  
записанный  
в векторной форме.



# Движение тела по окружности

# VII Вращательное движение



$\omega$  – угловая скорость.

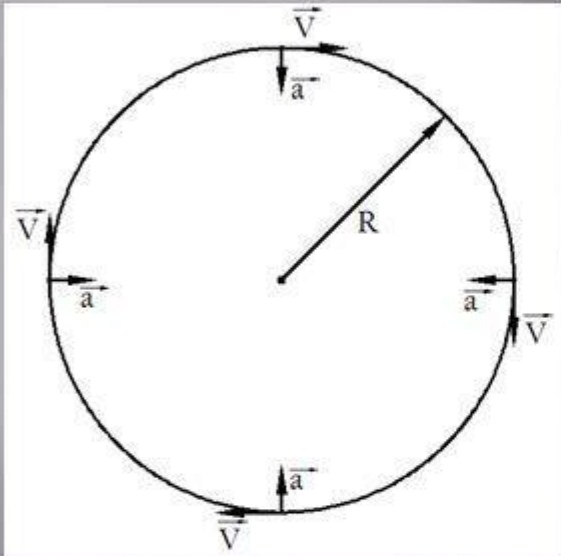
$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{t}$$

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

$$a_{yc} = \omega^2 R$$

$$v = \omega R$$

# VI Равномерное движение по окружности



$$\vartheta = const \quad a = const$$

$$a_{yc} = \frac{\vartheta^2}{R}$$

$T$  – (период) – время за которое тело делает один оборот.

$$T = \frac{2\pi R}{\vartheta} \quad a_{yc} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$\nu$  – (частота) – число оборотов в единицу времени.

$$\nu = \frac{1}{T} \quad a_{yc} = 4\pi^2 \nu^2 R$$

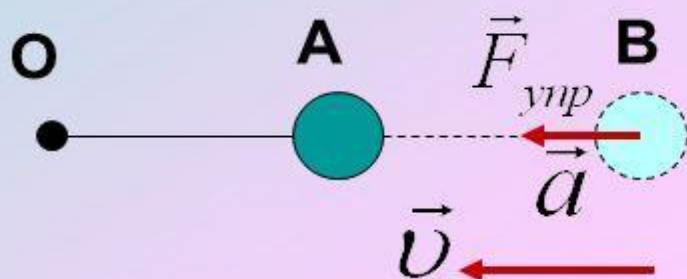
# Способы описания движения

1. Табличный
2. Графический
3. Аналитический

# Механическое движение

## Прямолинейное

(Траектория – прямая)

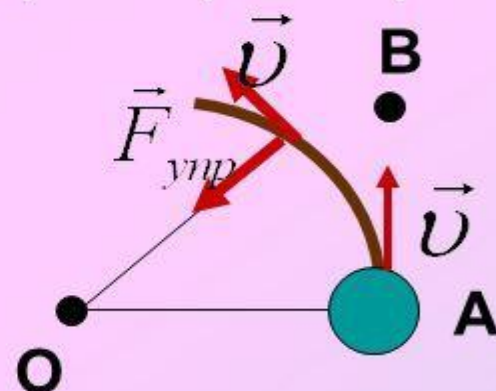


**Условие прямолинейного движения:**

Скорость тела и действующая на тело сила направлена вдоль одной прямой.

## Криволинейное

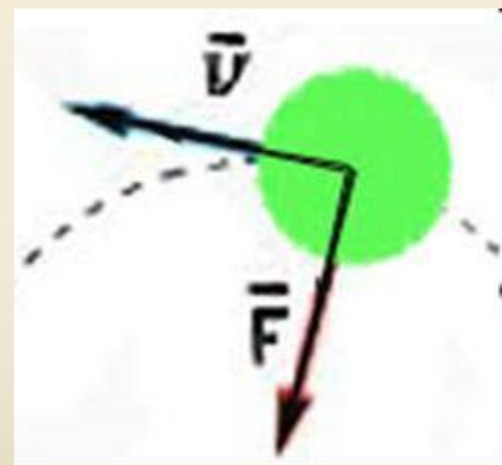
(Траектория – кривая)



**Условие криволинейного движения:**

Скорость и действующая на тело сила, должны быть направлены вдоль пересекающихся прямых.

- Криволинейное движение - это всегда движение с ускорением под действием силы, при этом вектор скорости непрерывно меняется по направлению.
- Условие криволинейного движения: вектор скорости тела и действующей на него силы направлены вдоль пересекающихся прямых.



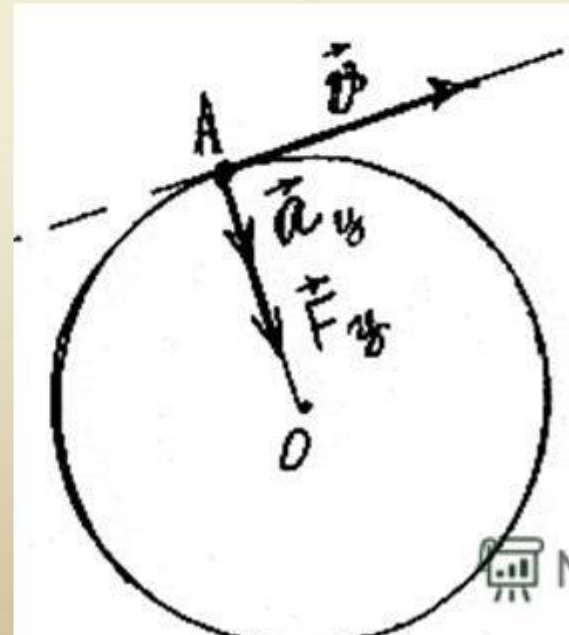
- **Движение точки по окружности**



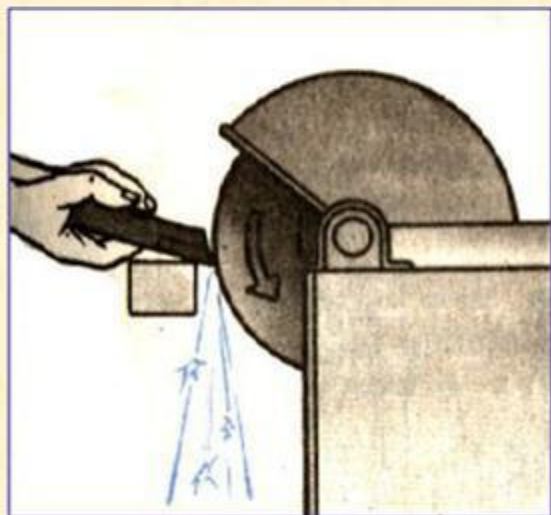
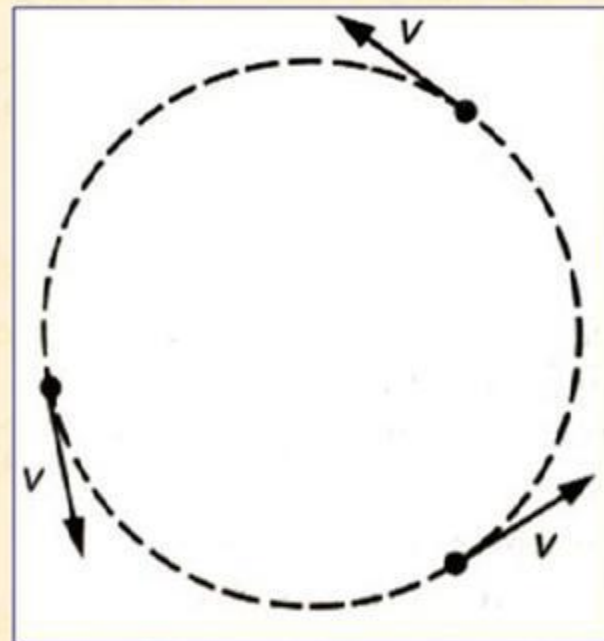
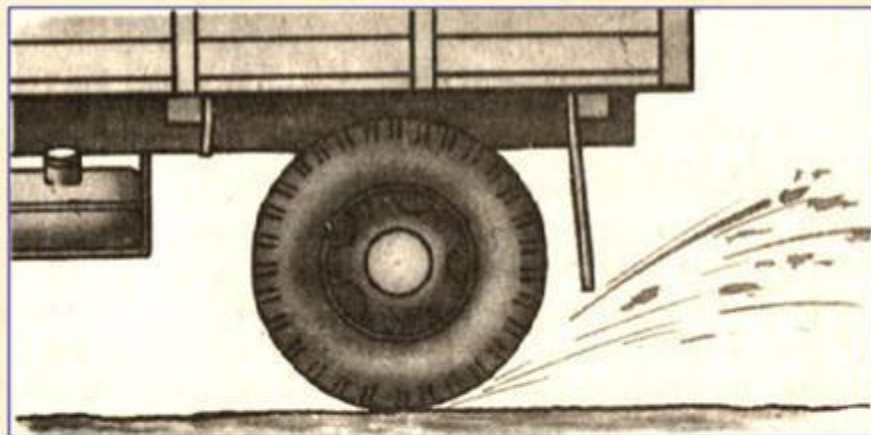
# РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ

Различают:

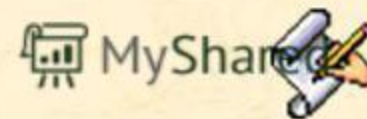
- криволинейное движение с постоянной по модулю скоростью;
- движение с ускорением, т.к. скорость меняет направление.



# Скорость при движении по окружности



При движении по окружности скорость направлена *по касательной*.



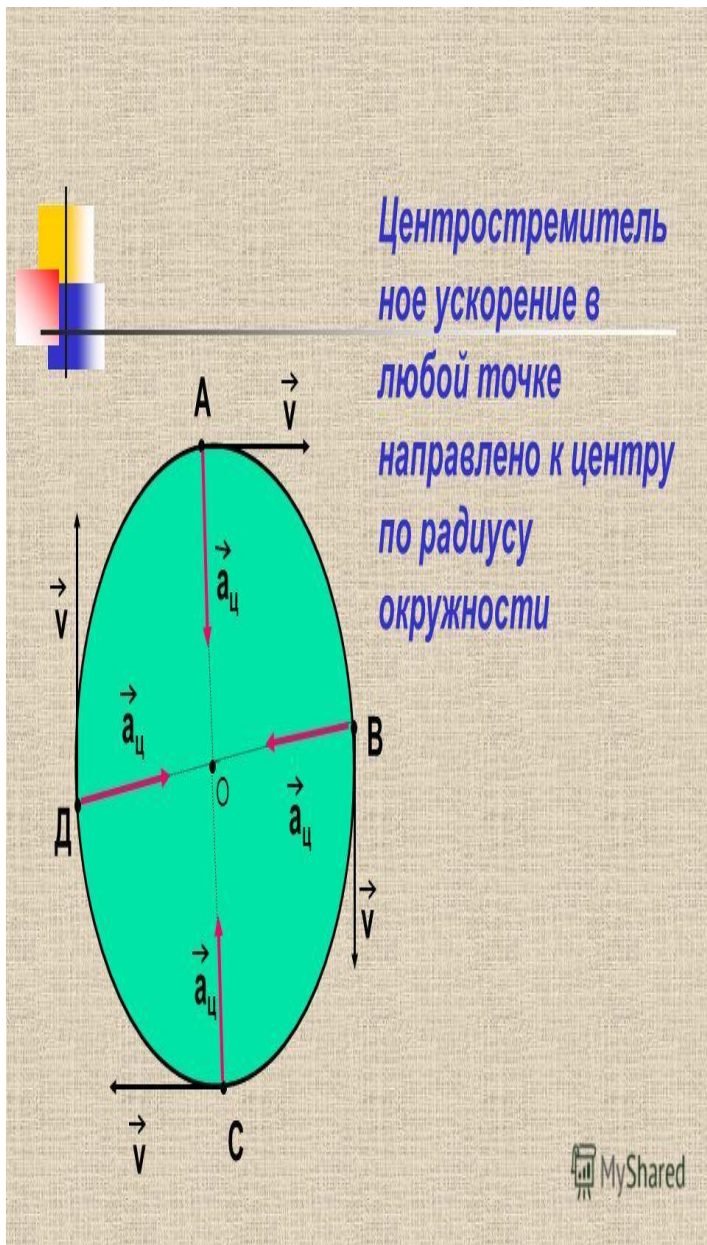
# Центростремительное ускорение

При равномерном движении по окружности ускорение направлено к центру и называется *центростремительным*.

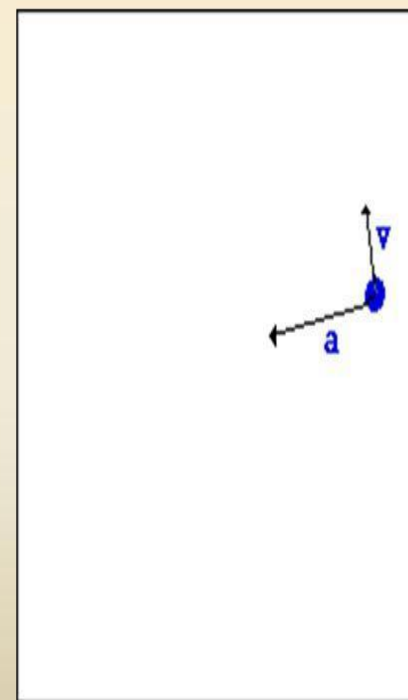
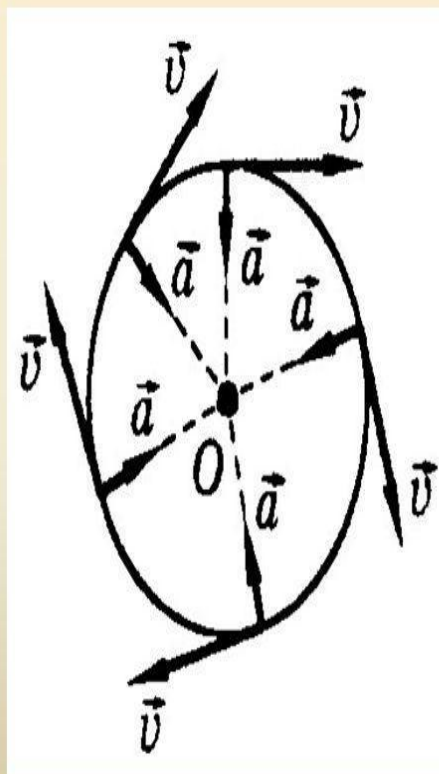


## Центростремительное ускорение

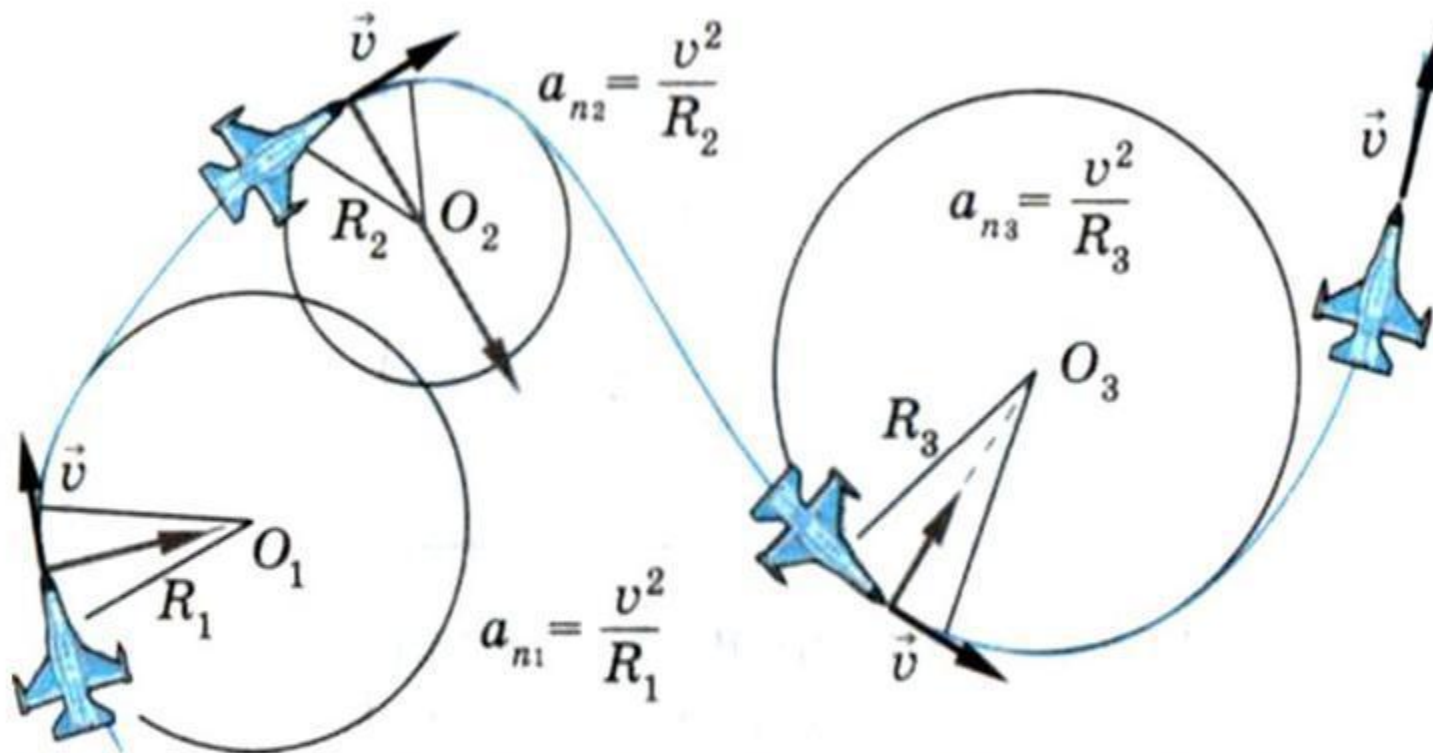
$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$



## Направление центростремительного ускорения и скорости



MyShared




При равномерном движении тела по окружности вектор ускорения всё время перпендикулярен вектору скорости, который направлен по касательной к окружности.




**Центростремительная сила** - сила, действующая на тело при криволинейном движении в любой момент времени, всегда направлена вдоль радиуса окружности к центру ( как и центростремительное ускорение)

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

 MyShared

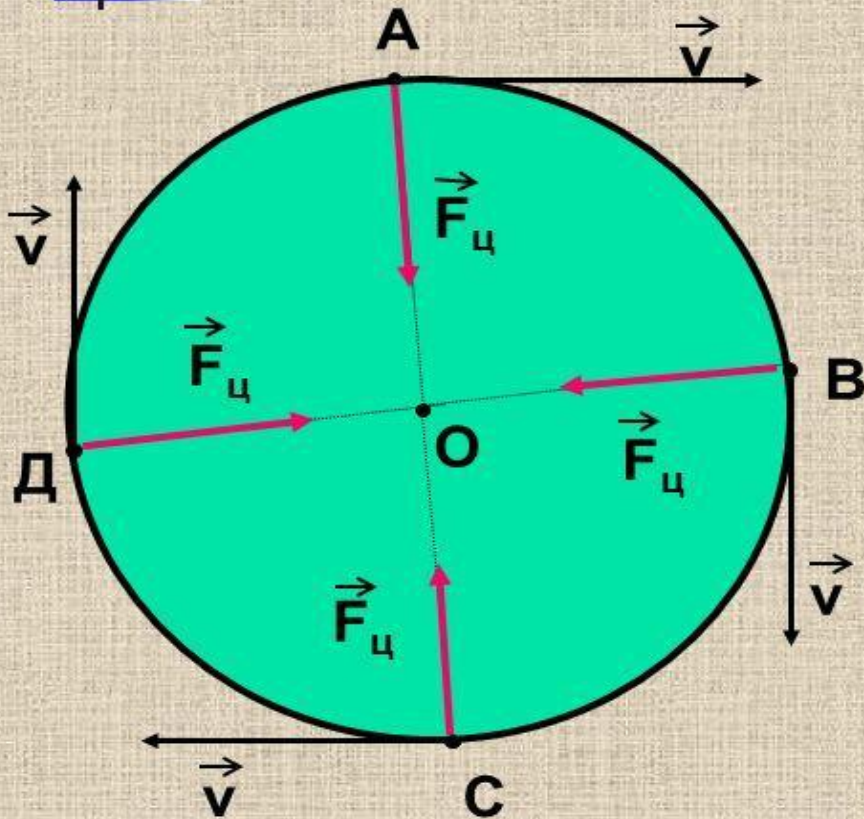
## Центростремительная сила

Сила, под действием которой тело движется по окружности с постоянной по модулю скоростью, в каждой точке направлена по радиусу окружности к ее центру.


$$F_{ц} = \frac{mv^2}{r}$$

 MyShared

Центростремительная сила  
направлена по радиусу к центру  
окружности



По второму закону  
Ньютона:

$$F_c = ma = \frac{mv^2}{r}$$

# Период и частота обращения

*Период* – это время за которое тело совершает один оборот.

$$T = \frac{t}{n}$$

$$[T] = \text{с}$$

*Частота* – это число оборотов, совершаемых за 1 с.

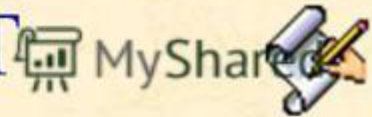
$$\nu = \frac{n}{t}$$

$$[\nu] = 1/\text{с}$$

Период и частота величины взаимно обратные.

$$T = \frac{1}{\nu}$$

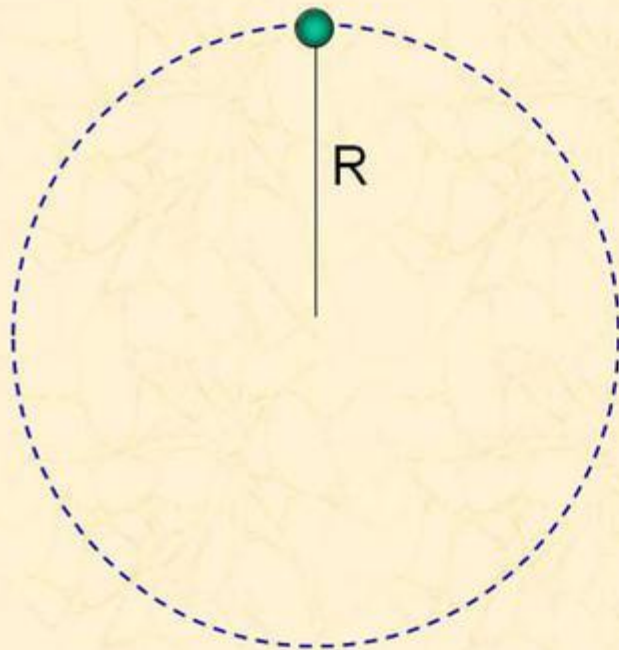
$$\nu = \frac{1}{T}$$





# Период обращения

Период можно определить зная скорость  $v$  тела и радиус окружности  $R$ .

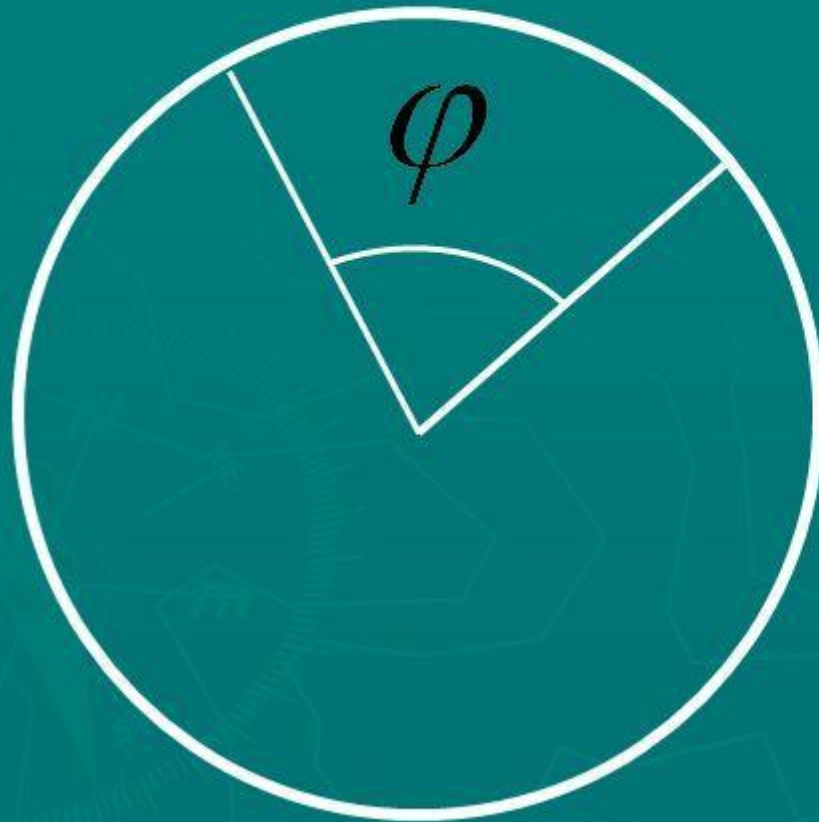


$$T = \frac{l_{\text{окр}}}{v} = \frac{2\pi R}{v}$$



- угловое перемещение

$$[\varphi] - \text{рад}$$

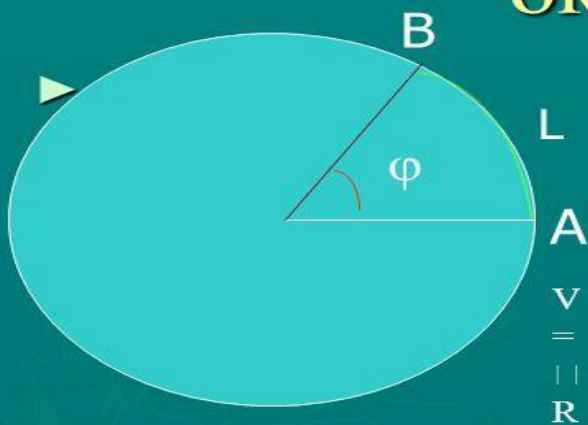


Радян – угол между двумя радиусами, длина дуги между которыми равна радиусу.

$$\varphi = 2\pi$$

за один период

# Скорости тела при движении по окружности



OA – радиус окружности – ( R ) ,  
 AB – длина окружности ( L ),  
 пройденная телом за время t,  
 угол φ – угловое перемещение

$v$  - линейная скорость;

$\omega$  – угловая скорость

$$v = \omega R$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

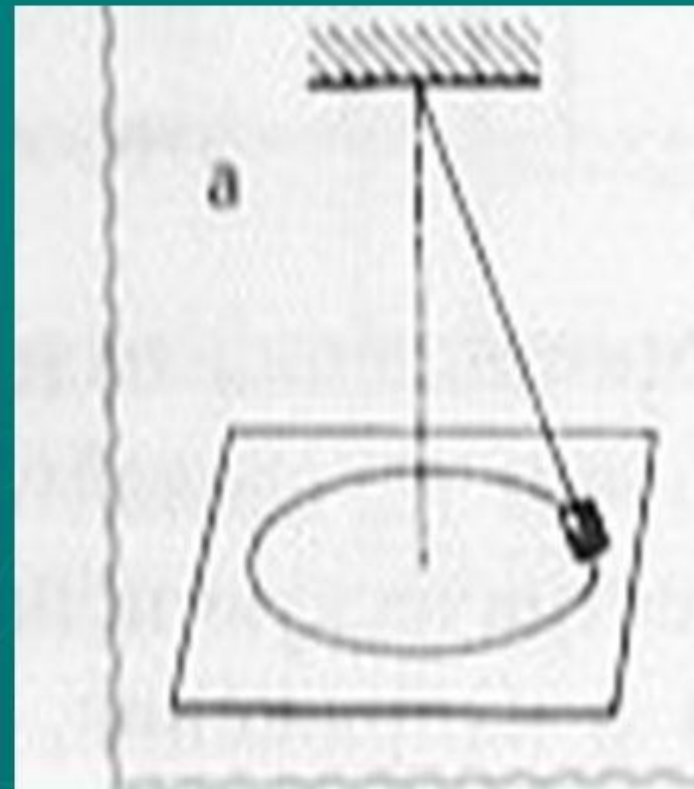
$$a = \omega^2 R$$

$$s = \frac{L}{t}$$

MyShared

# Экспериментальная работа

- Измерьте период, частоту и угловую скорость тела, подвешенного на нити и вращающегося в горизонтальной плоскости. На партах у вас имеются: нить, тело (бусинка или пуговица), секундомер. Тело вращайте равномерно; измерьте время 10 вращений.



# Тестирование

## Тест 1.

1. Примером криволинейного движения являются...
  - а) падение камня;
  - б) поворот машины на право;
  - в) бег спринтера на 100 – метровке.
2. Минутная стрелка часов делает один полный оборот. Чему равен период обращения?
  - а) 60 с;
  - б)  $1/3600$  с;
  - в) 3600 с.
3. Колесо велосипеда делает один оборот за 4 с. Определите частоту вращения.
  - а) 0,25 1/с;
  - б) 4 1/с;
  - в) 2 1/с.
4. Винт моторной лодки делает 25 оборотов за 1 с. Чему равна угловая скорость винта?
  - а) 25 рад/с;
  - б)  $1/25$  рад/с;
  - в) 50 рад/с.
5. Определите частоту вращения сверла электрической дрели, если его угловая скорость равна 400 рад/с.
  - а) 800 1/с;
  - б) 400 1/с;
  - в) 200 1/с

## Тест 2

1. Примером криволинейного движения является...
  - а) движение лифта;
  - б) прыжок лыжника с трамплина;
  - в) падение шишки с нижней ветки ели в безветренную погоду.
2. Секундная стрелка часов делает один полный оборот. Чему равна частота её обращения?
  - а)  $1/60$  с;
  - б) 60 с;
  - в) 1 с.
3. Колесо машины делает 20 оборотов за 10 с. Определите период обращения колеса?
  - а) 5 с;
  - б) 10 с;
  - в) 0,5 с.
4. Ротор мощной паровой турбины делает 50 оборотов за 1 с. Вычислите угловую скорость.
  - а) 50 рад/с;
  - б)  $50$  рад/с;
  - в) 10 рад/с.
5. Определите период обращения звёздочки велосипеда, если угловая скорость равна:
  - а) 1 с;
  - б) 2 с;
  - в) 0,5 с.

# Проверка тестовой работы

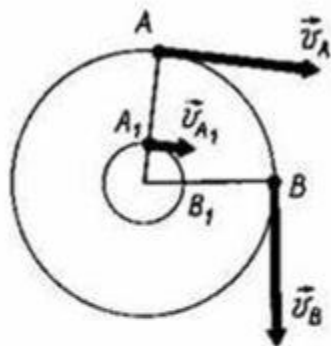
▶ Тест №1

▶ Ответы: б, в, а, в, в

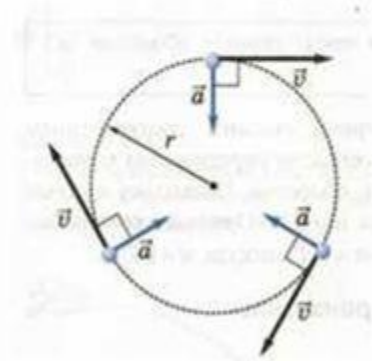
▶ Тест №2

▶ Ответы: б, а, в, в, б

## Движение тела по окружности



$T$  – период – [с]       $T = \frac{1}{\nu}$   
 $\nu$  – частота  
 обращения       $[\nu] = \left[ \frac{1}{c} \right] = c^{-1}$        $\nu = \frac{1}{T}$   
 $v$  – линейная  
 скорость       $v = \frac{2\pi r}{T}$        $v = 2\pi \nu r$



$a_{ц}$  – центростремительное  
 ускорение       $[a_{ц}] = \left[ \frac{m}{c^2} \right]$

$$a_{ц} = \frac{v^2}{r}$$

# Центростремительное ускорение —

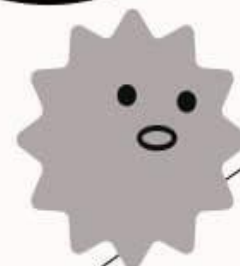
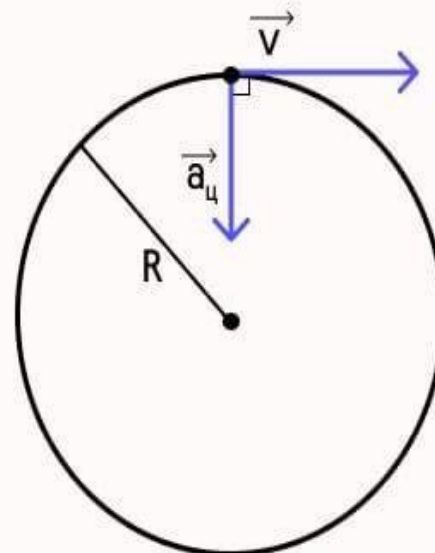
ускорение, с которым тело движется по окружности с постоянной по модулю скоростью, всегда направлено вдоль радиуса окружности к центру

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$$

$$a_{\text{ц}} \perp v$$



Снежана  
Планк





# Задача

Каково центростремительное ускорение поезда движущегося по закруглению радиусом 800 м со скоростью 72 км/ч?

Дано:

$$R = 800 \text{ м}$$

$$v = 72 \text{ км/ч}$$

$a - ?$

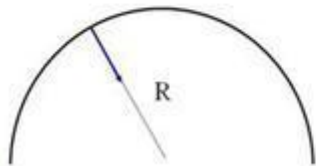
СИ

$$20 \text{ м/с}$$

Решение:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

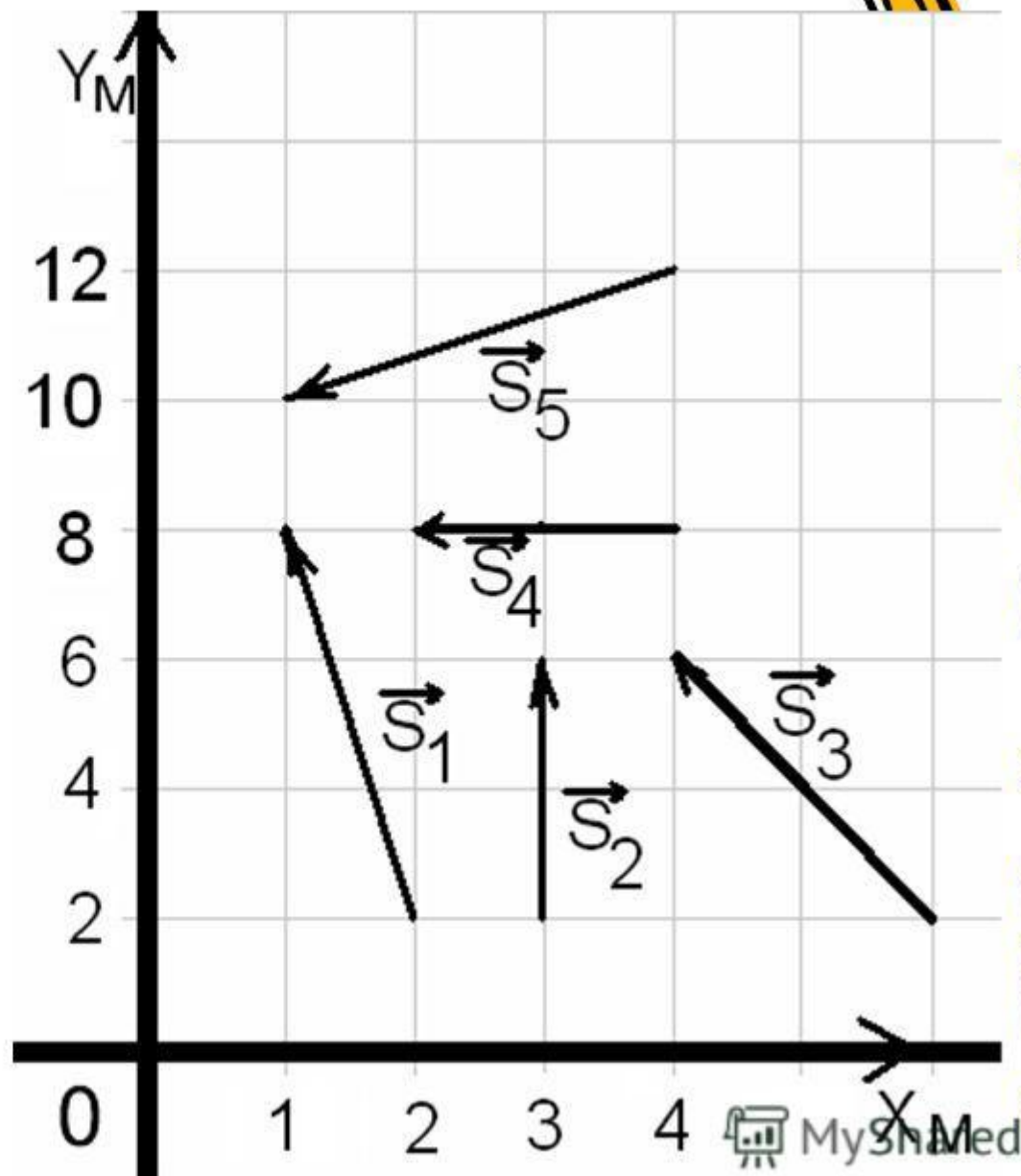
$$a = \frac{20^2 \text{ м/с}}{800 \text{ м}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$



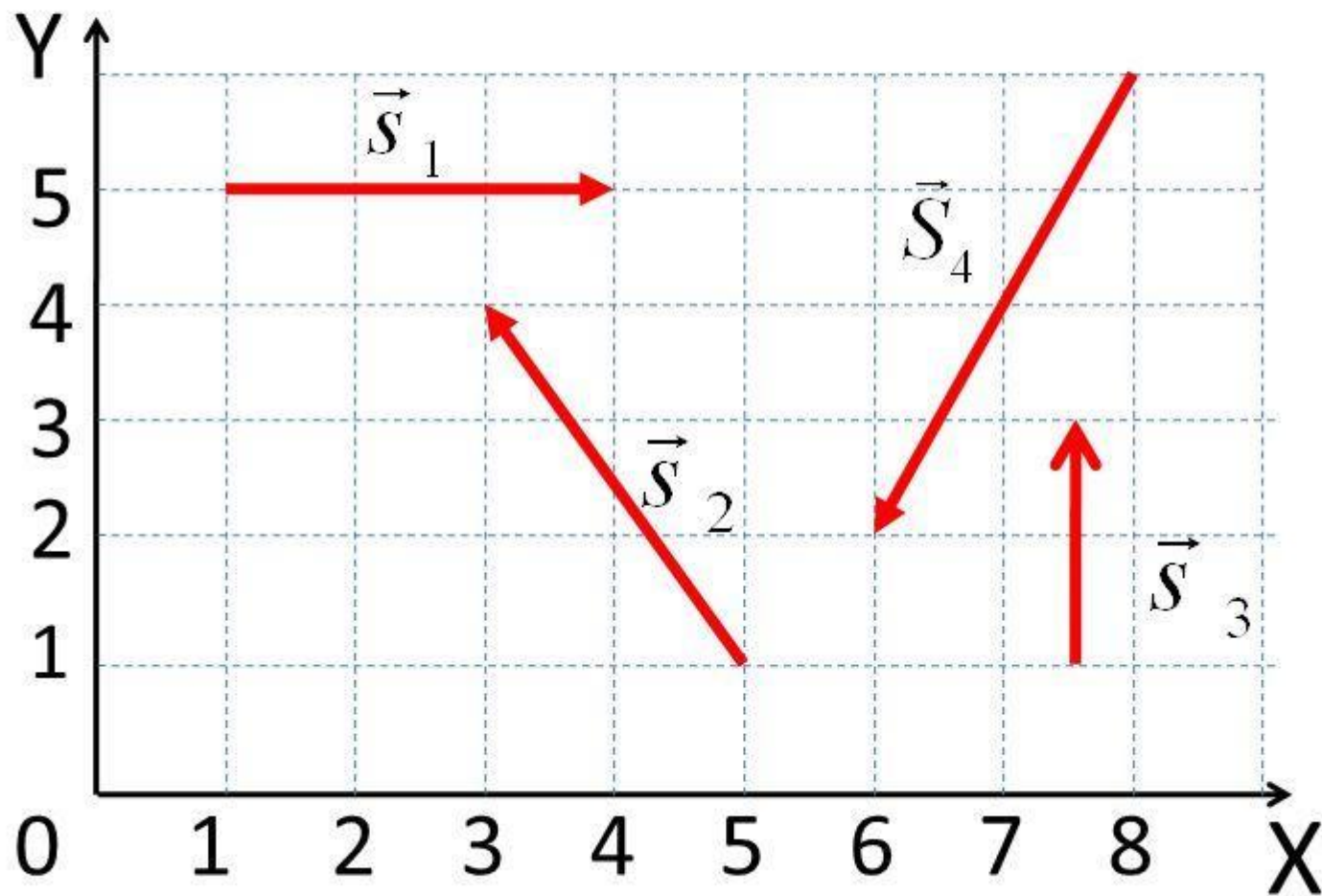
# Задачи

№1

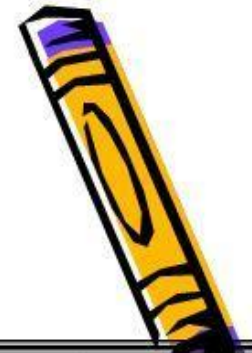
- На рисунке показаны перемещения пяти материальных точек.
- Найти проекции векторов перемещения на оси координат и их модули.



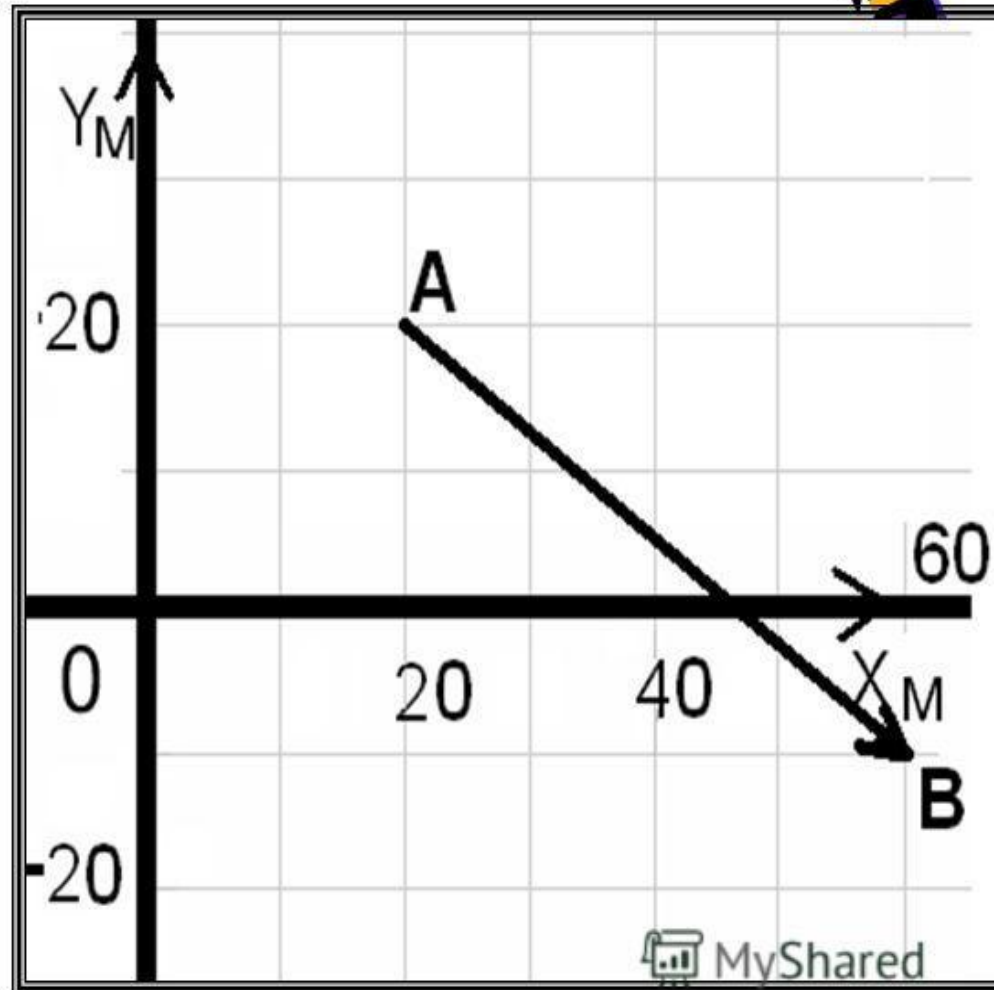
# НАЙТИ ПРОЕКЦИИ ВЕКТОРА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ



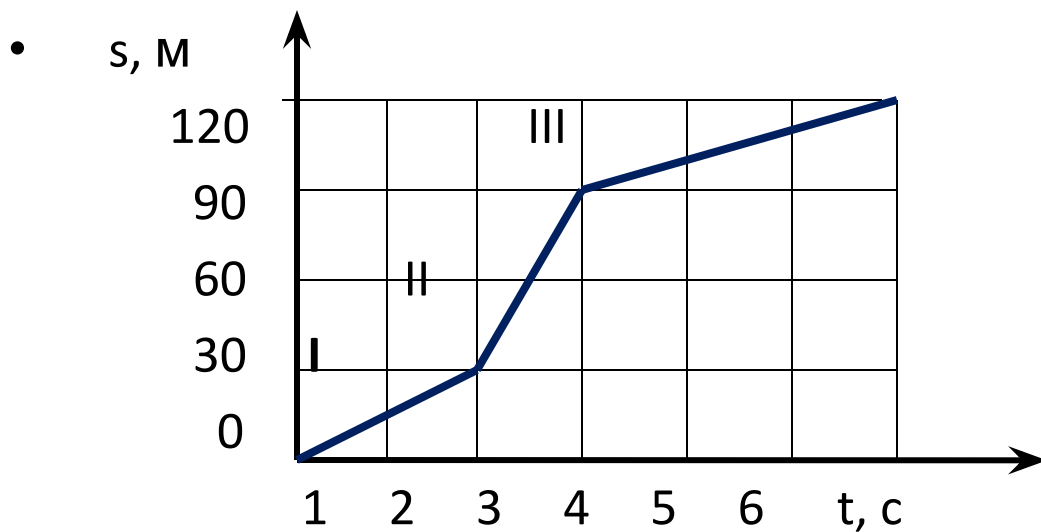
# № 3



На рисунке показана траектория движения материальной точки из  $A$  в  $B$ . Найти координаты точки в начале и конце движения, проекции перемещения на оси координат, модуль перемещения.



## График переменного движения.



$$v_{\text{cp.}} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

Какие из приведенных зависимостей от времени пути  $S$  и модуля скорости  $V$ :

1)  $V=4+2t$ ;

2)  $S=3+5t$ ;

3)  $S=5t^2$ ;

4)  $S=3t+2t^2$ ;

5)  $V=2+3t+4t^2$

описывают прямолинейные равноускоренные движения точки?

1) 1, 3, 4

2) 2, 3, 4

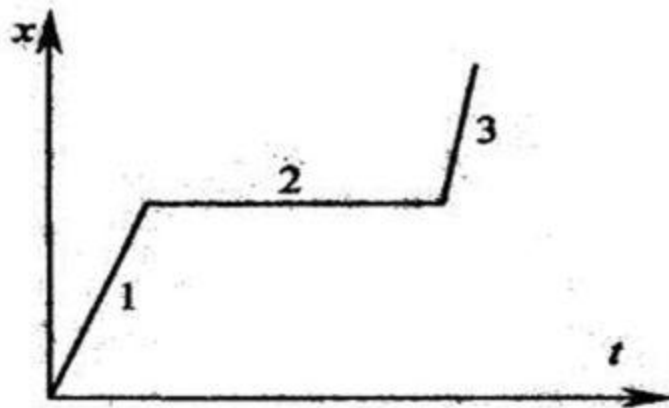
3) 3, 4, 5

4) 4, 5, 1

5) 5, 1, 2

На рис. изображена зависимость координаты тела  $x$  от времени  $t$ . Какое из следующих утверждений верно?

- 1) На участке 1 и 3 тело двигалось равноускоренно.
- 2) На участке 1 тело двигалось быстрее, чем на участке 3.
- 3) На участке 2 тело находилось в покое.
- 4) За время движения по участку 1 тело прошло меньше расстояние, чем за время движения по участку 3.





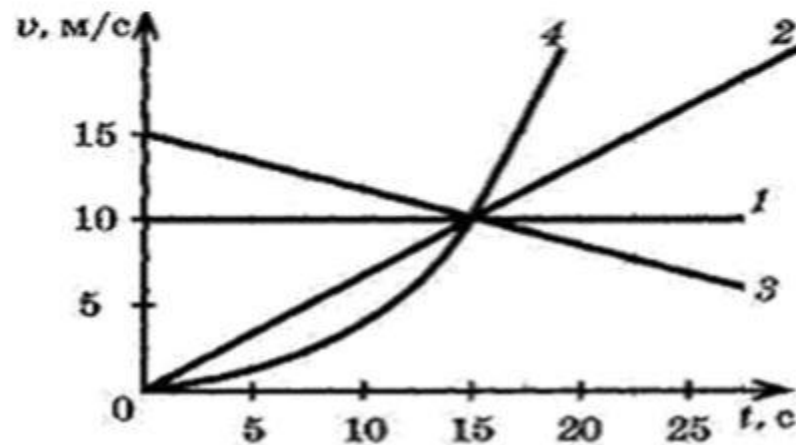
На рисунке изображены графики зависимости скорости движения четырех автомобилей от времени. Какой из автомобилей — 1, 2, 3 или 4 — прошел наибольший путь за первые 15 с движения?

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4



Уравнение движения материальной точки  $x = 5 + 6t - 3t^2$  (м). Координатой, в которой скорость точки станет равна нулю, будет

- 1) 5 м
- 2) 6 м
- 3) 8 м
- 4) 11 м

## Поступательное и вращательное движение твёрдого тела

- **Твердое тело** – тело, расстояние между любыми двумя точками которого сохраняется с течением времени.

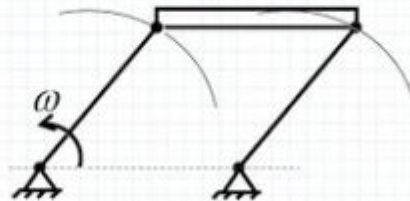
Различают два вида движения твердого тела: поступательное и вращательное. В ряде случаев тело совершает смешанное движение, т. е. комбинацию поступательного и вращательного движений.

- **Поступательным** называется такое движение твердого тела, при котором любая прямая, жестко связанная с телом, перемещается параллельно самой себе. Все точки тела, движущегося поступательно, в каждый момент времени имеют одинаковые скорости и ускорения, а их траектории полностью совмещаются при параллельном переносе, т. е. все точки тела движутся одинаково (за одни и те же промежутки времени совершают равные перемещения). Поэтому кинематическое рассмотрение поступательного движения абсолютно твердого тела сводится к изучению движения любой его точки.

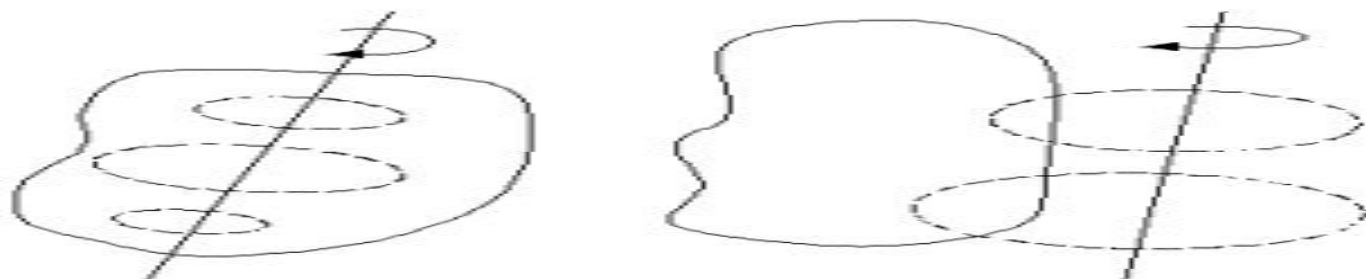


## Поступательное движение твёрдого тела

Тело совершает поступательное движение, если любая прямая, проведенная в теле во все время движения, остается параллельной своему первоначальному положению



**Вращательным** называется такое движение твердого тела, при котором все его точки описывают окружности, центры которых лежат на одной прямой, называемой *осью вращения*.



*При вращательном движении все точки тела двигаются по окружности*

*Примеры вращательного движения*



*Вращение Земли вокруг своей оси*



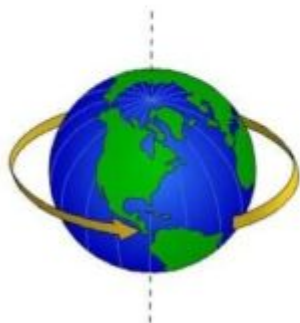
*Колесо*



*Юла*

При вращательном движении все точки тела двигаются по окружности

Примеры вращательного движения



Вращение Земли вокруг своей оси



Колесо



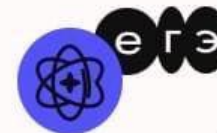
Юла

*Аналогия между величинами и соотношениями,  
характеризующими поступательное и вращательное  
движения*

Поступательное движение		Вращательное движение	
Путь	$S$	Угол поворота	$\varphi$
Скорость	$v = \frac{dS}{dt}$	Угловая скорость	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$
Ускорение	$a = \frac{dv}{dt}$	Угловое ускорение	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$
	$v = v_0 \pm at$ $S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$ $S = \int_0^t v dt$		$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$ $\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\varphi = \int_0^t \omega dt$

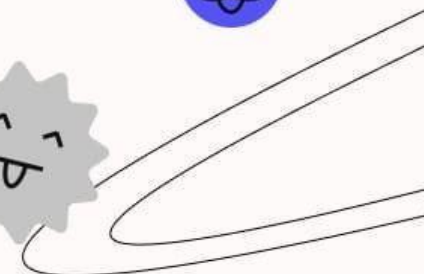


# ускорение свободного падения



определяется по формуле:

$$g = G \frac{M_{\text{планеты}}}{[R_{\text{планеты}}]^2}$$



но физики в понятие свободного падения вкладывают несколько иной смысл. они определили свободное падение как частный случай равнопеременного прямолинейного движения с ускорением свободного падения обозначенного буквой  $g$  и равного примерно  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . такое ускорение всегда направлено к центру Земли.



★  
УЧИТЬСЯ  
УЧИТЬСЯ

Снежана Планк

ВѦМ

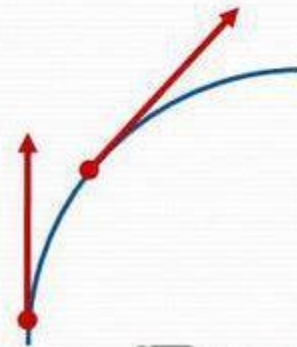




**Линейная скорость** – мгновенная скорость точек вращающегося тела или тела, которое движется по дуге окружности

$v, [м/с]$

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$$



## Связь между линейной и угловой скоростями.

**$v$**

-линейная скорость т.е. скорость точки, движущейся по окружности

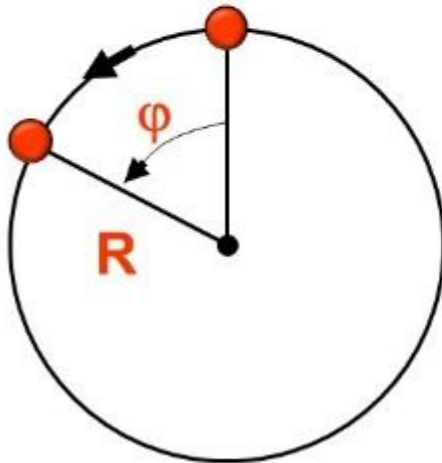
$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$v = \omega R$$

## Угловая скорость

Угловая скорость (циклическая частота) - число оборотов за единицу времени выраженное в радианах.



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

$$[\omega] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$



Период обращения  $T$  – это промежуток времени, в течение которого материальная точка совершает один оборот при равномерном движении по окружности.

$$[T] = 1c$$

$t$  – время обращения;  $N$  – число оборотов

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

Период в случае равномерного кругового движения будет равен отношению длины окружности к скорости, с которой движется тело:

$$l = 2\pi R$$

$$T = \frac{2\pi R}{V}$$

← Линейная скорость

**Линейная** скорость показывает путь, пройденный телом за единицу времени.

$$[V] = m/c$$

## Связь периода с частотой

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

$$t = T \cdot N$$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

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

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

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$[\nu] = \frac{1}{c} = c^{-1} = \frac{\text{об}}{c} = \text{Гц}$$



## Кинематика движения по окружности

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

$$v = \omega \cdot R$$

линейная скорость

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$a = \omega^2 \cdot R$$

ускорение

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

$$\omega = 2\pi\nu$$

угловая скорость



## Кинематика движения по окружности

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

$$v = \omega \cdot R$$

линейная скорость

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$a = \omega^2 \cdot R$$

ускорение

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

$$\omega = 2\pi\nu$$

угловая скорость





$$v = v_0 \pm g \cdot t$$

$$s = v_0 \cdot t \pm \frac{g \cdot t^2}{2}$$