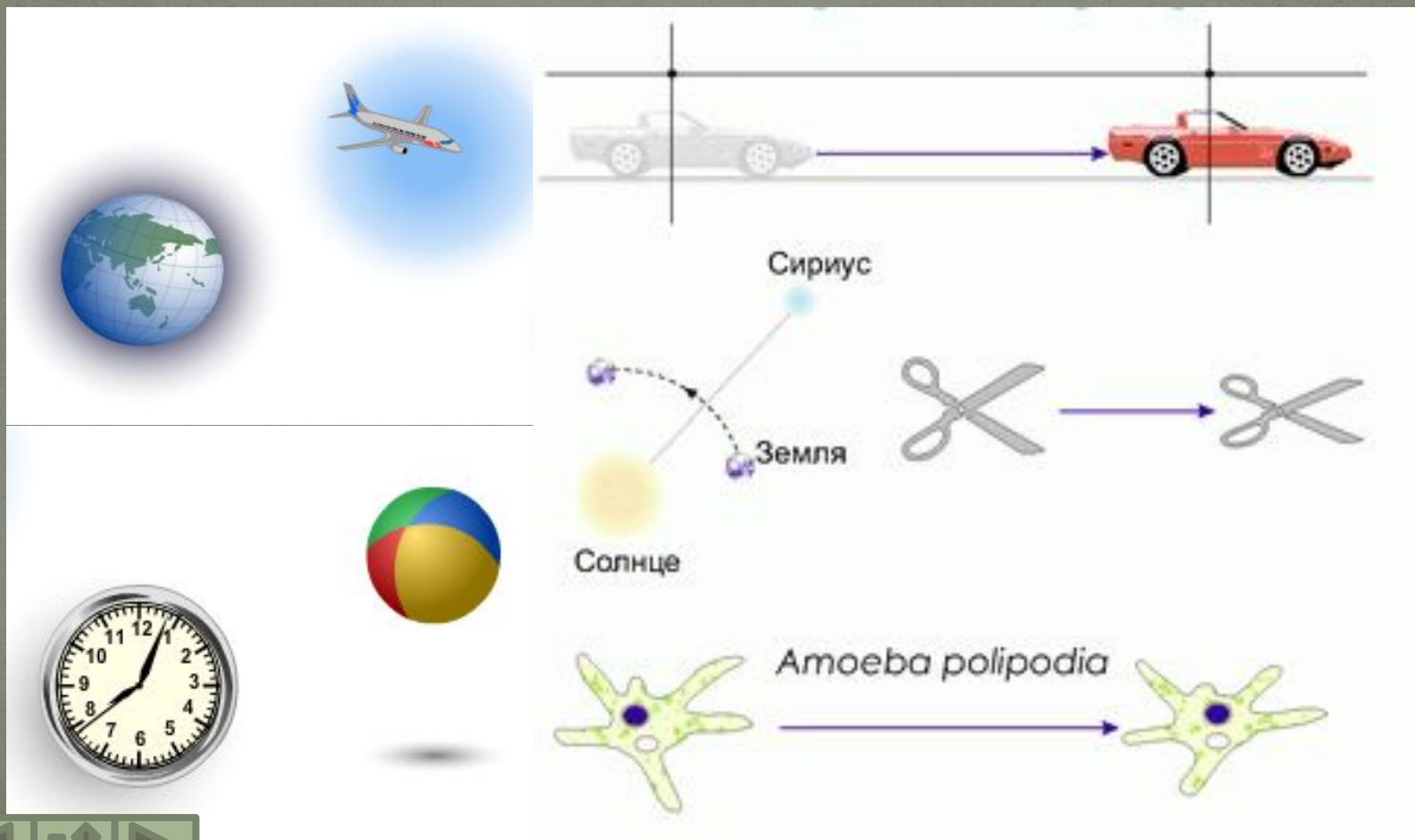




Основные понятия кинематики.  
Простейшие движения твердого тела.

**Механическим движением** тела (точки) называется изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.





# Краткая историческая справка

- ▣ Развитие кинематики как науки началось еще в древнем мире и связано с таким именем как Галилей , который вводит понятие ускорения . Развитие кинематики в XVIII в. связано с работами Эйлера, заложившего основы кинематики твердого тела и создавшего аналитические методы решения задач механики. Более глубокие исследования геометрических свойств движения тела были вызваны развитием техники в начале XIX в. и, в частности, быстрым развитием машиностроения.
- ▣ Крупные исследования в области кинематики механизмов и машин принадлежат и русским ученым: основоположнику русской школы теории машин и механизмов П.Л. Чебышеву (1821-1894), Л.В. Ассур (1878-1920), Н.И. Мерцалову (1866-1948), Л. П. Котельникову (1865-1944) и другим ученым.



# Основные понятия кинематики:

**Кинематика** (с греч. κινεῖν — двигаться) - раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин этого движения.

## Основная задача кинематики:

зная закон движения данного тела, определить все кинематические величины, характеризующие как движение тела в целом, так и движение каждой из его точек в отдельности.





# Кинематика - это описание движения тел с математическими ответами на вопросы:

1. Где?



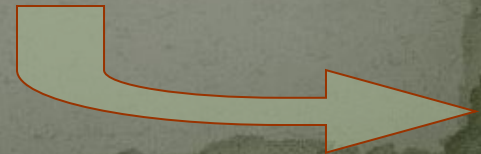
2. Когда?



3. Как?



Для получения ответов на поставленные вопросы необходимы следующие понятия:



# Основные понятия кинематики:

Механическое движение

Система отсчета

Материальная точка

Траектория

Путь

Перемещение

Скорость

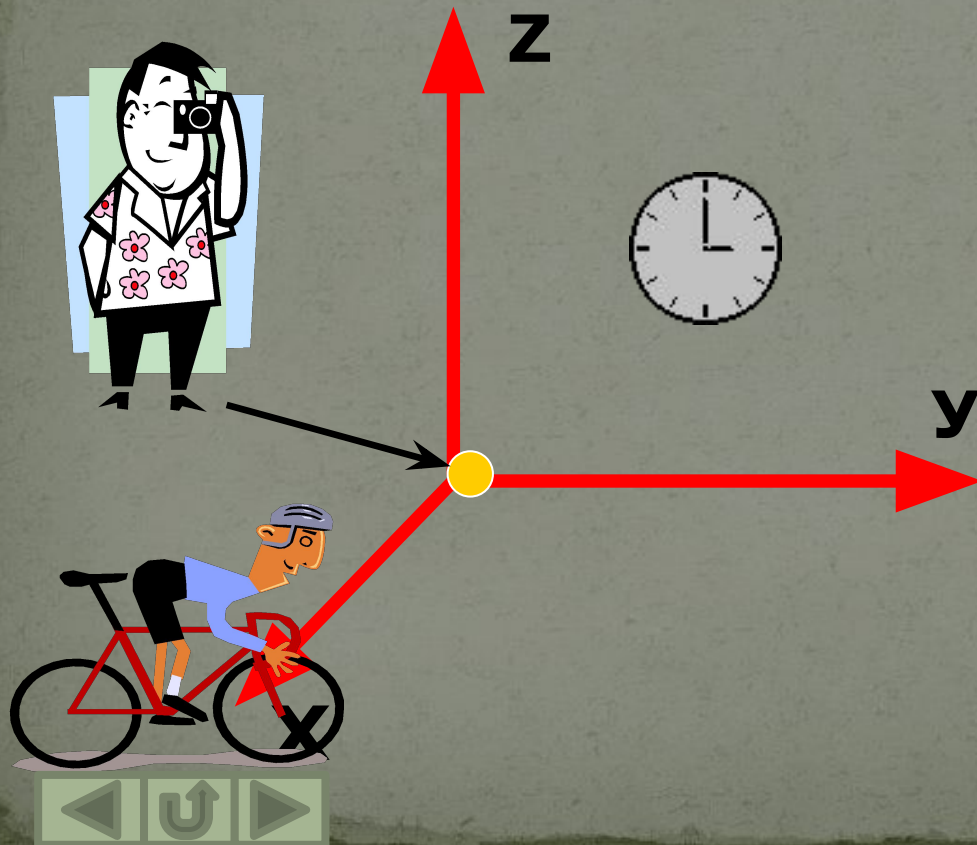
Ускорение





# Система отсчета:

- ▣ Тело отсчета
- ▣ Система координат
- ▣ Часы



**Материальная точка** – тело, размерами и формой которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь.

**Тело можно считать материальной точкой, если:**

- 1. расстояния, проходимые телом, значительно больше размеров этого тела;**
- 2. тело движется поступательно, т.е. все его точки движутся одинаково в любой момент времени.**

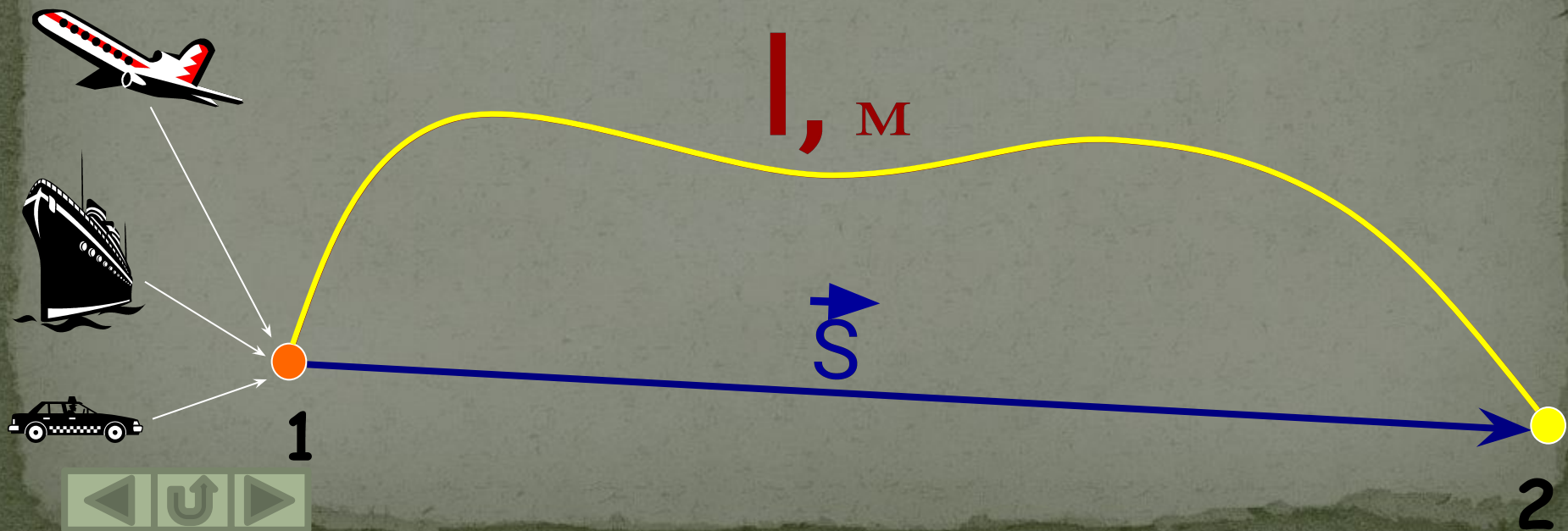




Траектория – условная линия движения тела в пространстве;

Путь – длина траектории;

Перемещение – направленный отрезок



# Способы задания движения

## ТОЧКИ

### □ естественный

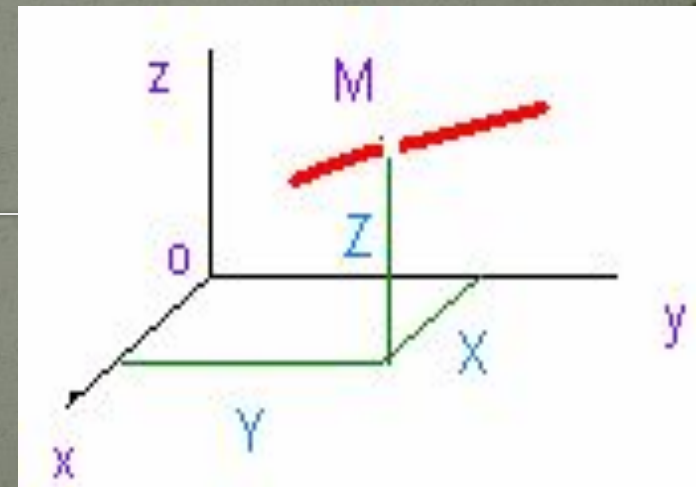
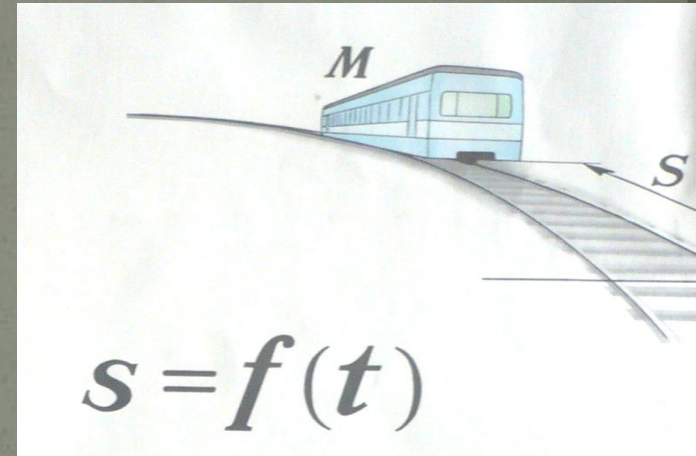
При этом способе задают: траекторию точки и закон движения по этой траектории

### □ координатный

Положение точки относительно некоторой системы отсчета задано ее координатами

Уравнения движения точки в прямоугольных координатах

$$x = f_1(t), y = f_2(t), z = f_3(t)$$







Устали -

Сменим  
деятельность



# Скорость:

векторная величина характеризует быстроту движения, показывает, какое перемещение тело совершает в единицу времени

Движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения. называют **ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ РАВНОМЕРНЫМ**.

скорость равномерного движения –

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad [\text{м/с}]$$

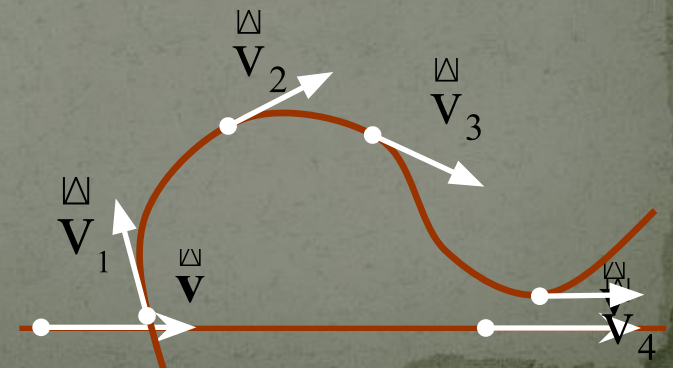
Движение, при котором за равные промежутки времени тело совершает неравные перемещения называют **неравномерным или переменным**.

скорость неравномерного движения:

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

Направление скорости при:

- прямолинейном движении – неизменно
- криволинейном движении – по касательной к траектории в данной точке





# Ускорение -

величина, характеризующая изменение скорости при неравномерном движении тела.

Средним ускорением неравномерного движения в интервале от  $t$  до  $t + \Delta t$  называется векторная величина, равная отношению изменения скорости  $\Delta v$  к интервалу времени  $\Delta t$ :

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

При свободном падении вблизи поверхности Земли, где

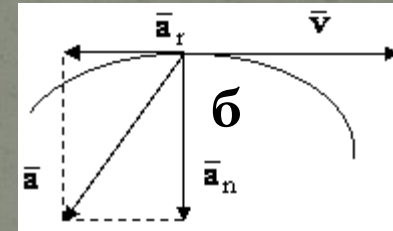
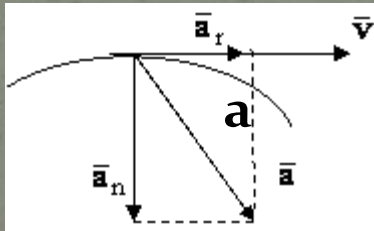
$$\vec{a} = \vec{g}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



Составляющая  $\vec{a}_T$  вектора ускорения, направленная вдоль касательной к траектории в данной точке, называется тангенциальным (касательным) ускорением.

Тангенциальное ускорение характеризует изменение вектора скорости по модулю. Вектор  $\vec{a}_T$  направлен в сторону движения точки при возрастании ее скорости (рисунок - а) и в противоположную сторону - при убывании скорости (рисунок - б).





Тангенциальная составляющая ускорения  $a_\tau$  равна первой производной по времени от модуля скорости, определяя тем самым быстроту изменения скорости по модулю:

$$a_\tau = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_\tau}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

Вторая составляющая ускорения, равная  $a_n$ , называется нормальной составляющей ускорения и направлена по нормали к траектории к центру ее кривизны (поэтому ее называют так же центростремительным ускорением).

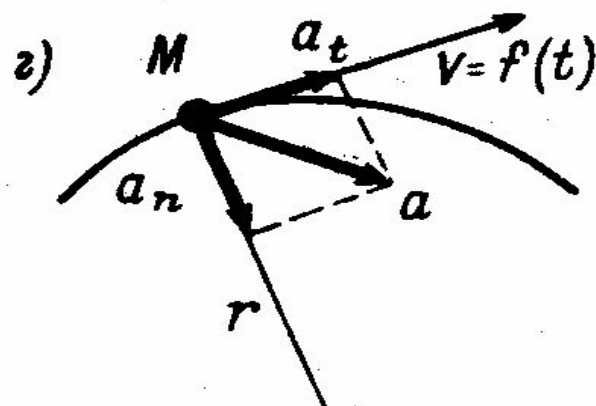
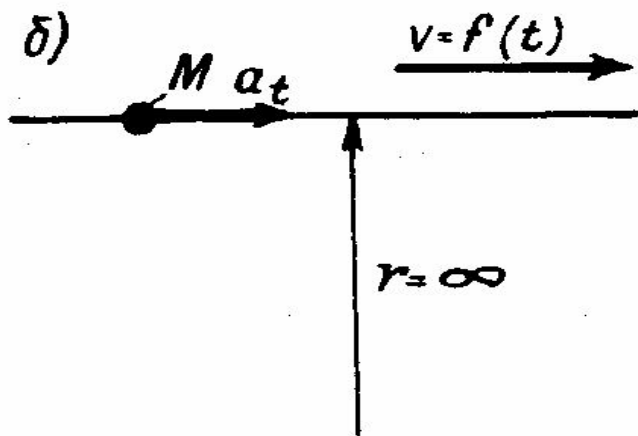
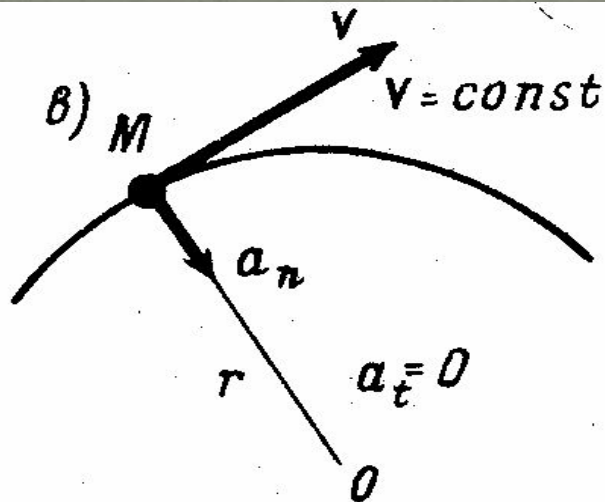
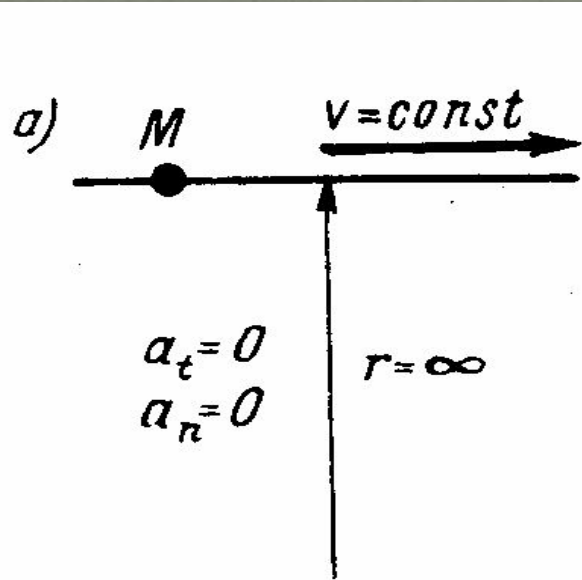
$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

Полное ускорение есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n; \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$



# Частные случаи движения в зависимости от ускорения





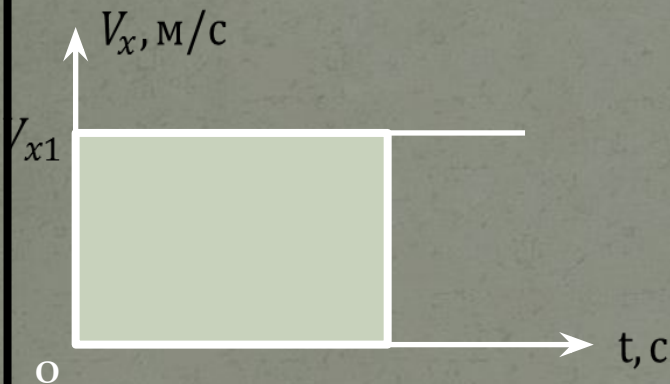
# Равномерное движение

# Равноускоренное движение



## • Перемещение

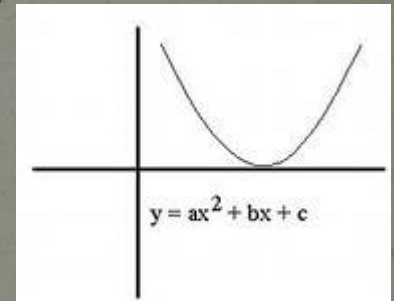
$$S_x = V_x t$$



Перемещение тела можно найти как площадь заштрихованной фигуры данного графика (если  $V_x > 0$ )

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

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



Графиком перемещения будет являться парабола



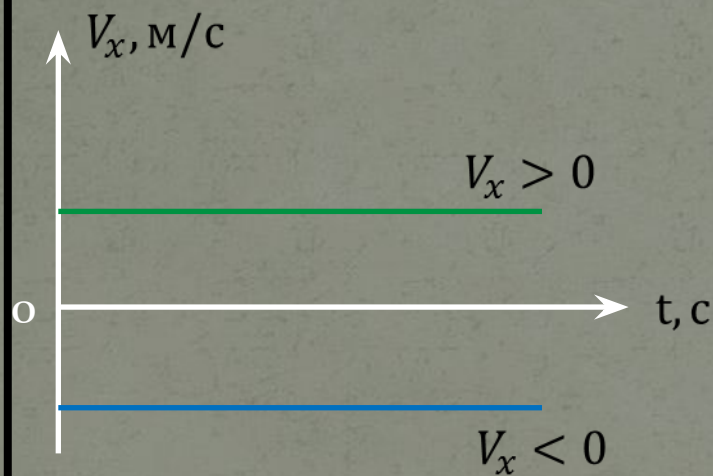
# Равномерное движение

# Равноускоренное движение



## • Скорость

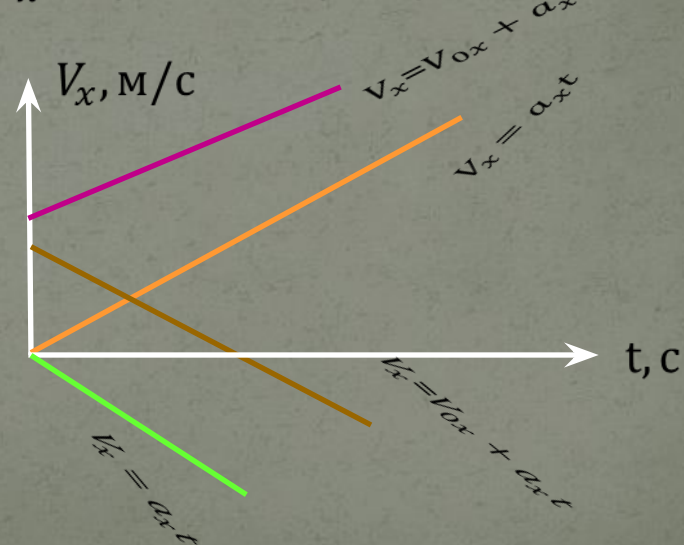
$$V_x = \frac{S_x}{t}$$



$$V_x = V_{0x} + a_x t, \text{ где}$$

$V_{0x}$  - проекция начальной скорости

$a_x$  - проекция ускорения





Равномерное  
движение

Равноускоренное движение

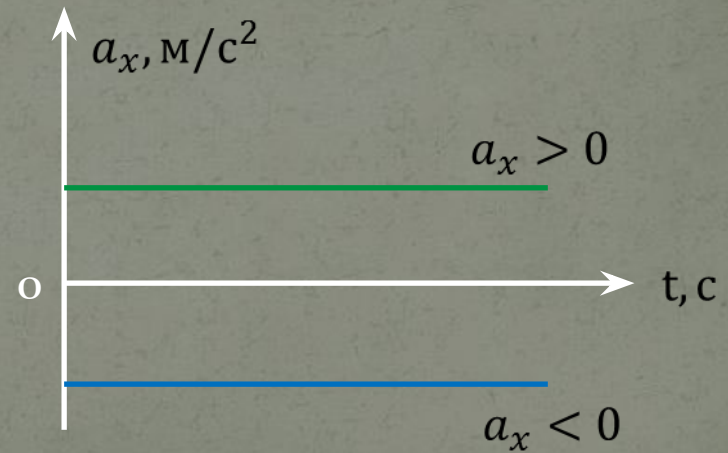


## Ускорение

Нет

$$a_x = \frac{V_x - V_{0x}}{t}$$

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



**Пример 1.** По заданному закону движения  $S = 10 + 20t - 5t^2$  ( $[S] = \text{м}; [t] = \text{с}$ ) определить вид движения, начальную скорость и касательное ускорение точки, время до остановки.



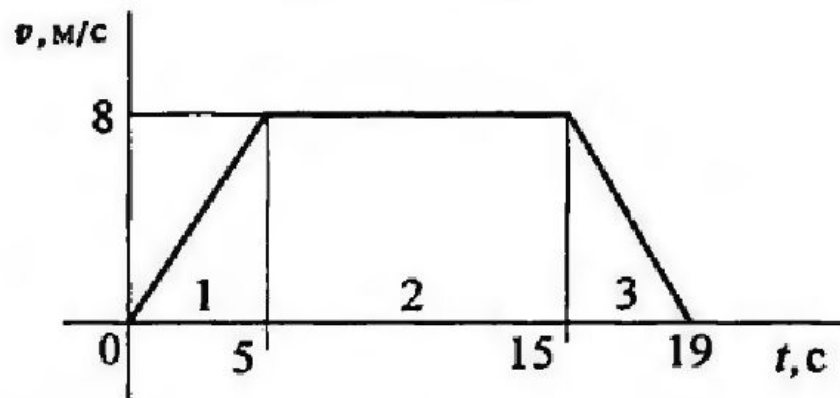
**Пример 1.** Дано уравнение движения точки:  $S = 0,36t^2 + 0,18t$ .  
Определить скорость точки в конце третьей секунды движения и среднюю скорость за первые 3 секунды.

**Пример 2.** Точка движется по кривой радиуса  $r = 10$  м согласно уравнению  $S = 2,5t^2 + 1,2t + 2,5$  (рис. 9.6).

Определить полное ускорение точки в конце второй секунды движения и указать направление касательной и нормальной составляющих ускорения в точке  $M$ .



**Пример 3.** По заданному графику скорости найти путь, пройденный за время движения (рис. 10.6).



# Задание 1.

- Точка штанги нефтяной качалки движется по прямой с постоянным ускорением, направленным противоположно скорости. Определить как движется точка.
- А: равномерно;
- Б: равно ускорено;
- В: равно замедленно.





## Задание 2.

- Какая составляющая ускорения точки характеризует изменение величины скорости.
- А: нормальное ускорение;
- Б: тангенсальное ускорение;
- В: полное ускорение.

## Задание 3.

- Можно ли считать долото материальной точкой при расчете:
- А) расстояния от поверхности Земли до нефтяного пласта;
- Б) пути пройденного долотом по скважине за 10 минут;
- В) диаметра скважины.





## Задание 4.

- Можно ли считать буровую вышку материальной точкой при расчете:
- А) скорости её поступательного движения по железной дороге;
- Б) ускорения при торможении на станции;
- В) времени подъема вышки на месте бурения.



## Задание 5.

- Вычислите модуль и направление полной скорости точки шкива, если заданы проекции скорости на оси координат:  $v_x = 3$  м/с,  $v_y = 4$  м/с







● Узнаем ответы

# Задание 1

- Точка штанги нефтяной качалки движется по прямой с постоянным ускорением, направленным противоположно скорости. Определить как движется точка.
- В: равно замедленно.



## Задание 2

- Какая составляющая ускорения точки характеризует изменение величины скорости.
- Б: тангенсальное ускорение;

## Задание 3

- Можно ли считать долото материальной точкой при расчете:
- А) да;
- Б) да;
- В) нет.



## Задание 4

- Можно ли считать буровую вышку материальной точкой при расчете:
- А) да;
- Б) да;
- В) нет.

## Задание 5

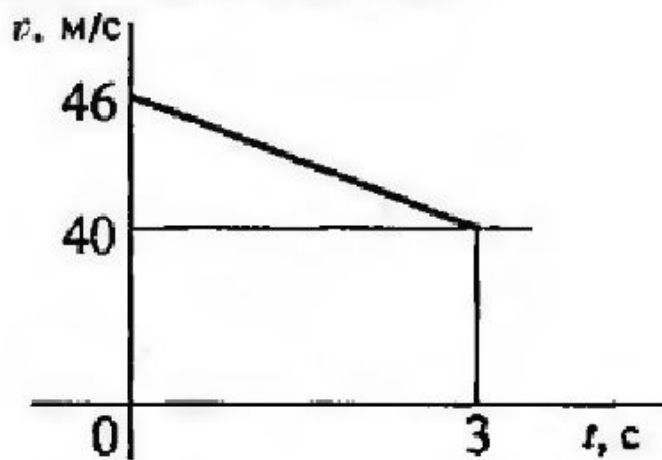
- Вычислите модуль и направление полной скорости точки шкива, если заданы проекции скорости на оси координат:  $v_x = 3$  м/с,  $v_y = 4$  м/с
- $V = 5$  м/с
- $\alpha = \arccos(3/5) = 53$  град



# Домашнее задание

4. По графику скорости определить время движения точки до полной остановки.

Закон движения не меняется.



$$t_{\text{ост}} = 6 \text{ с}$$

$$t_{\text{ост}} = 12 \text{ с}$$

$$t_{\text{ост}} = 23 \text{ с}$$

$$t_{\text{ост}} = 43 \text{ с}$$









# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аркуша, А.И. Техническая механика [Текст]: Учебное пособие для техникумов/ А.И. Аркуша, М.И. Фролов. — М.: Высш. шк., 2005. — 446 с.: ил.
2. Мовнин М.С., Израелит А.Б., Рубашкин А.Г. Основы технической механики. — Л.: Машиностроение, 1990
3. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов.

Источники изображений:

[http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669bc789-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/1\\_1.swf](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669bc789-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/1_1.swf)

<http://gannalv.narod.ru/img/p0002.gif>

<http://gannalv.narod.ru/img/p0005.gif>

