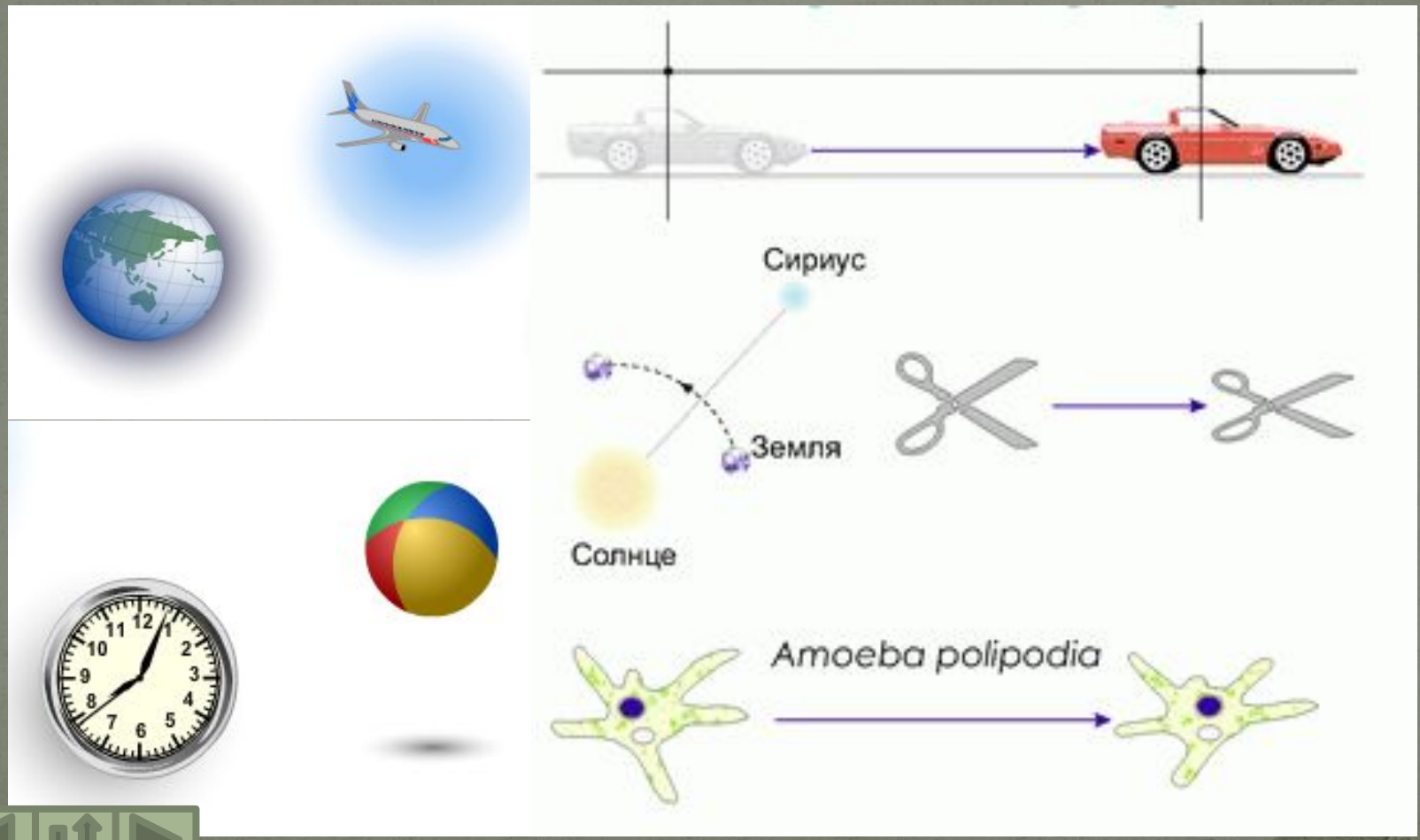
Основные понятия кинематики. Простейшие движения твердого тела.

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. Ассуру (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?**

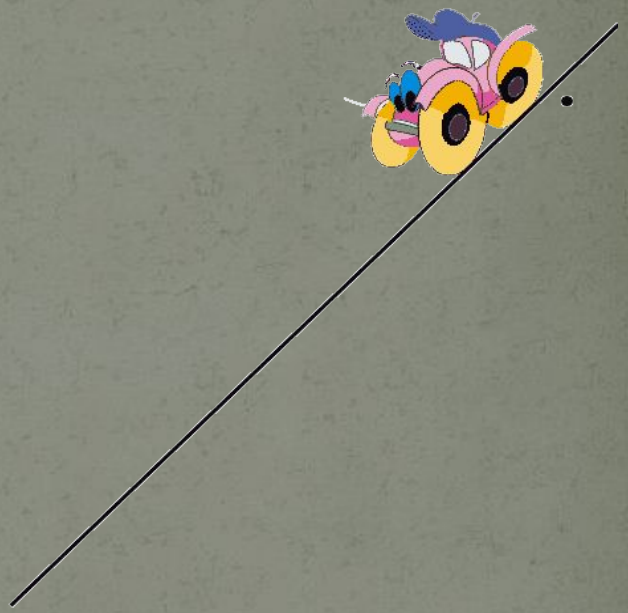
2. **Когда?**

3. **Как?**

Для получения ответов на поставленные вопросы необходимы следующие понятия:

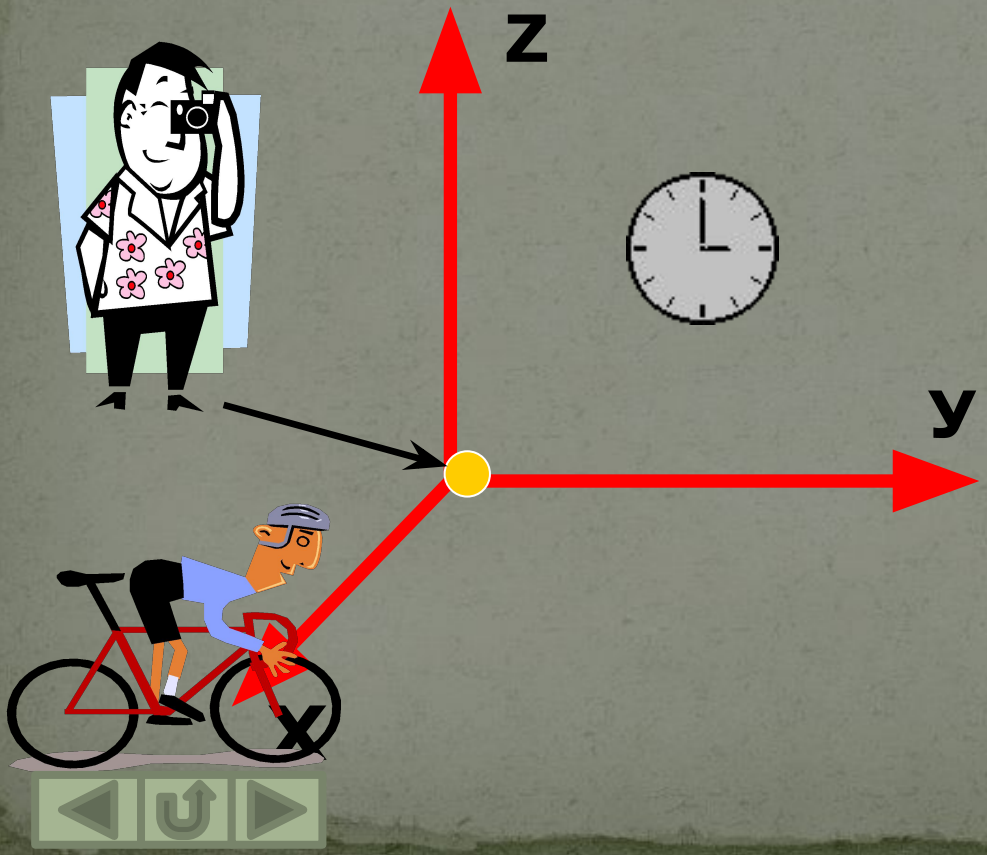
Основные понятия кинематики:

- 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:

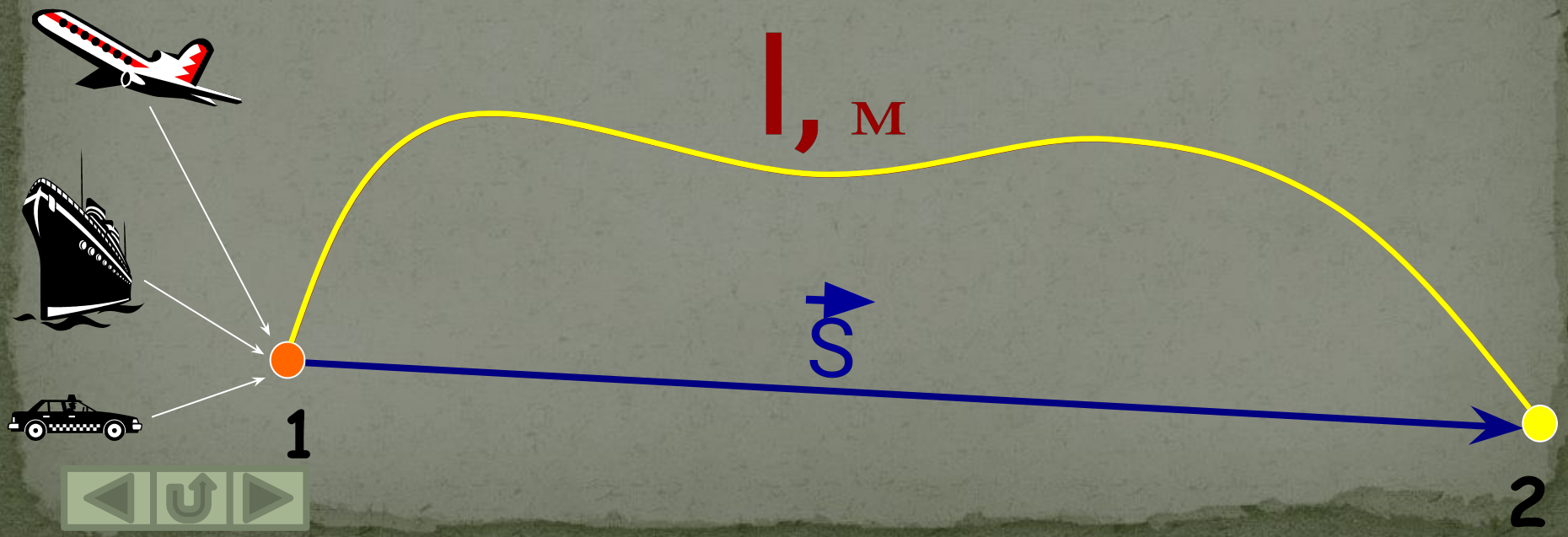
1. расстояния, проходимые телом, значительно больше размеров этого тела;

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;

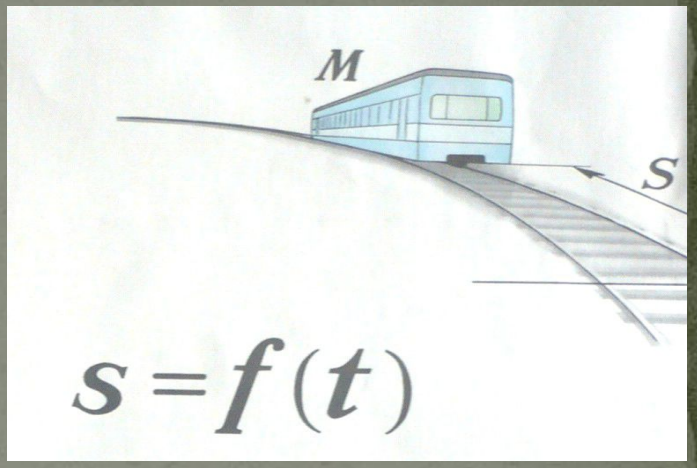
Перемещение – направленный отрезок



Способы задания движения точки

- естественный

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

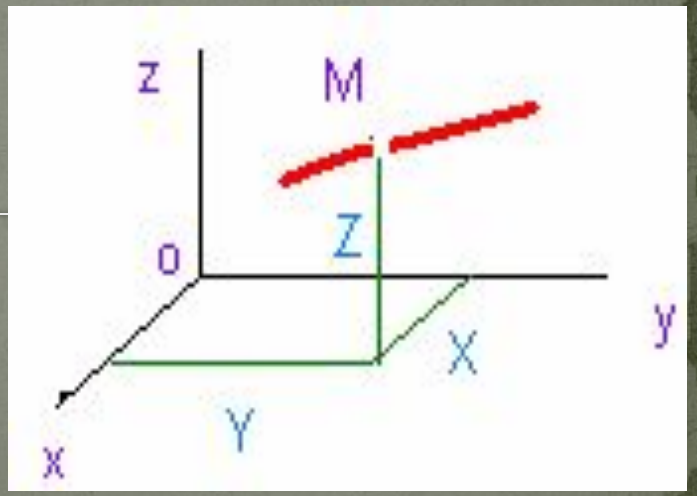


- координатный

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 –

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

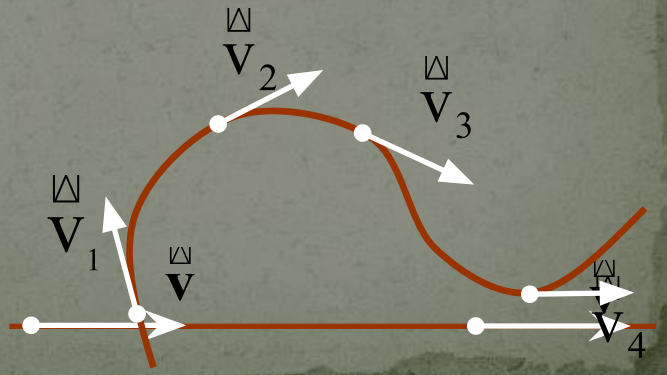
Движение, при котором за равные промежутки времени тело совершает неравные перемещения называют неравномерным или переменным.

скорость неравномерного движения:

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

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 Δv к интервалу времени Δt:

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

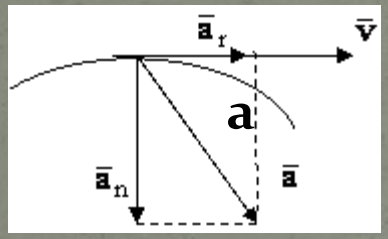
При свободном падении вблизи поверхности Земли, где

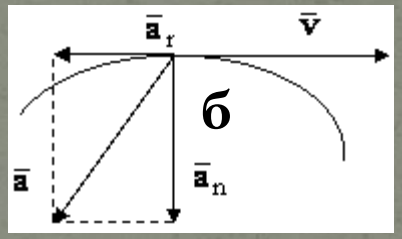
$$\vec{a} = \vec{g}$$

$$g = 9{,}8 \ м/с^2$$

Составляющая a_τ вектора ускорения, направленная вдоль касательной к траектории в данной точке, называется тангенциальным (касательным) ускорением.

Тангенциальное ускорение характеризует изменение вектора скорости по модулю. Вектор a_τ направлен в сторону движения точки при возрастании ее скорости (рисунок - а) и в противоположную сторону - при убывании скорости (рисунок - б).





Тангенциальная составляющая ускорения a_τ равна первой производной по времени от модуля скорости, определяя тем самым быстроту изменения скорости по модулю:

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

Вторая составляющая ускорения, равная

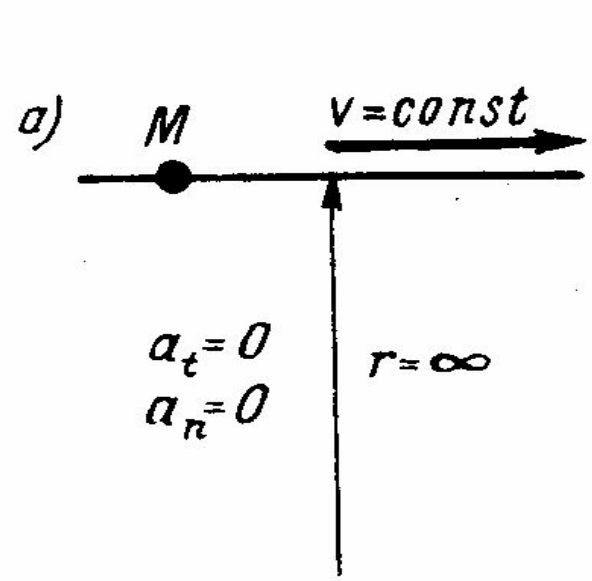
$$a_n = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

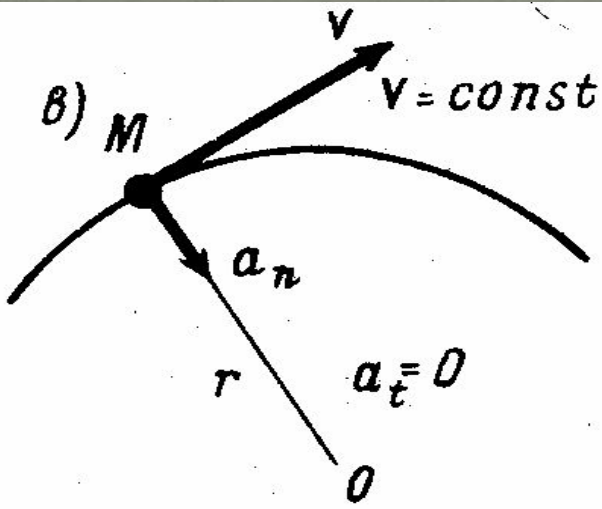
называется нормальной составляющей ускорения и направлена по нормали к траектории к центру ее кривизны (поэтому ее называют так же центростремительным ускорением).

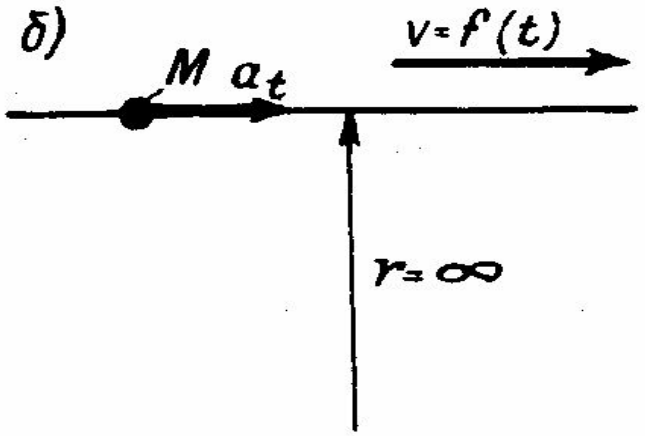
Полное ускорение есть геометрическая сумма тангенциальной и нормальной составляющих:

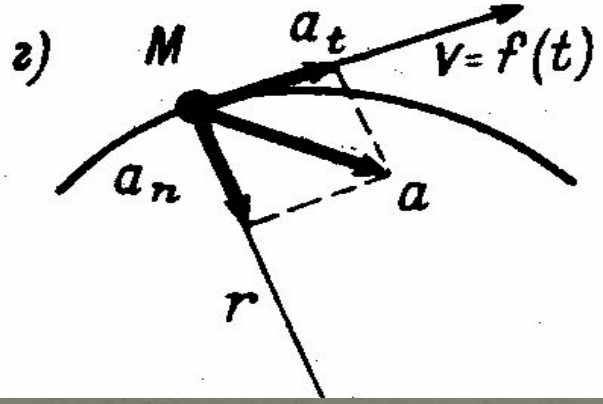
$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n; \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$$

Частные случаи движения в зависимости от ускорения







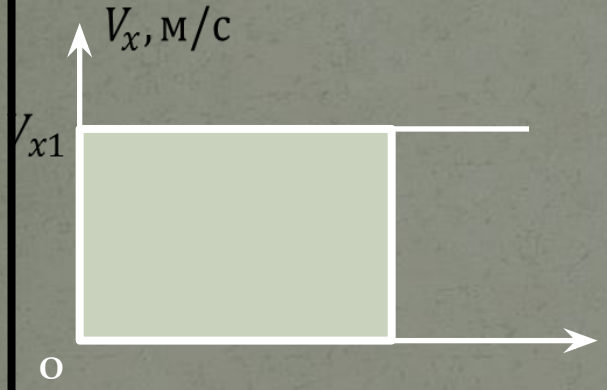


Равномерное движение

Равноускоренное движение

- Перемещение

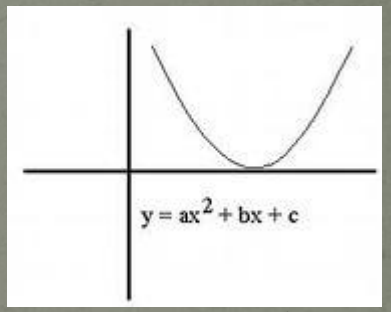
$$S_x = V_x t$$



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

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

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



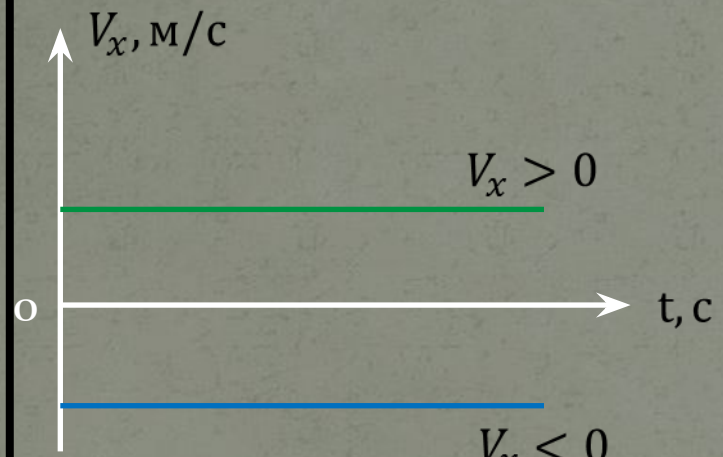
Графиком перемещения будет являться парабола

Равномерное движение

Равноускоренное движение

- Скорость

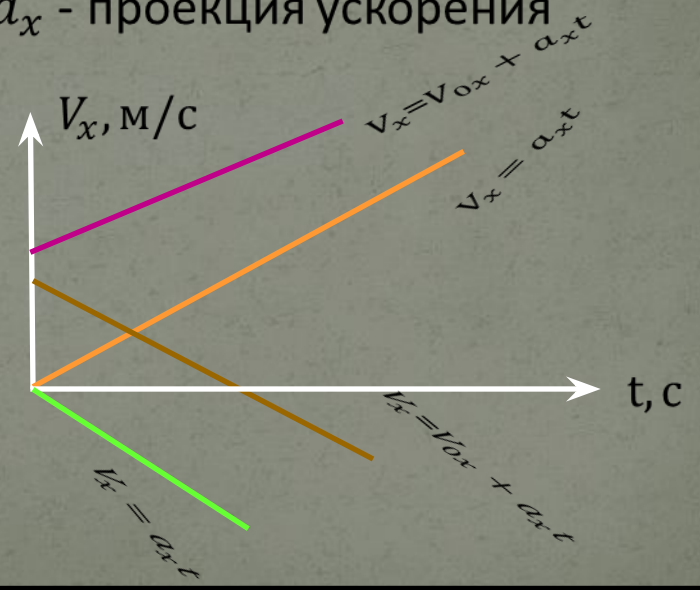
$$V_x = \frac{S_x}{t}$$



$$V_x = V_{0x} + a_x t, \text{ где}$$

V_{0x} - проекция начальной скорости

a_x - проекция ускорения



Равномерное движение

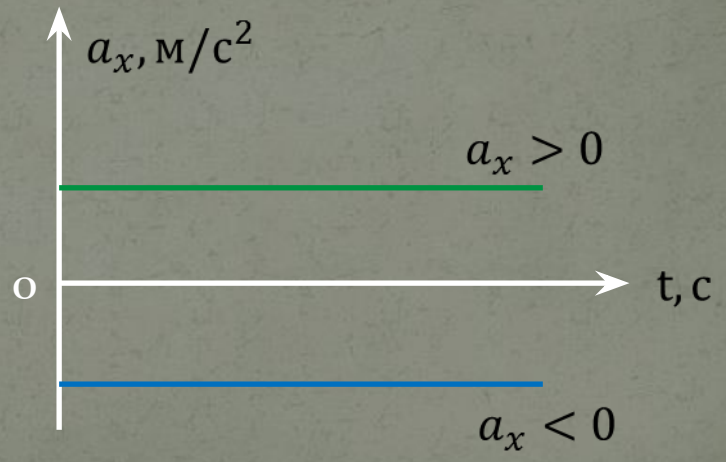
Равноускоренное движение

Ускорение

Нет

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

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



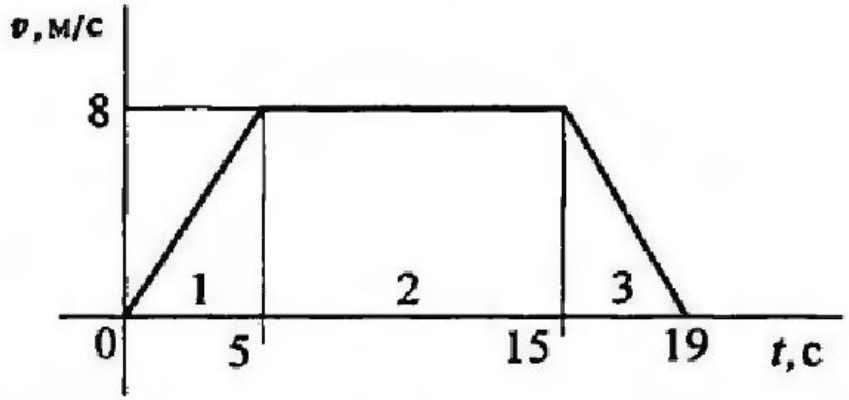
Пример 1. По заданному закону движения $S = 10 + 20t - 5t^2$ ($[S]$ = м; $[t]$ = с) определить вид движения, начальную скорость и касательное ускорение точки, время до остановки.

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.

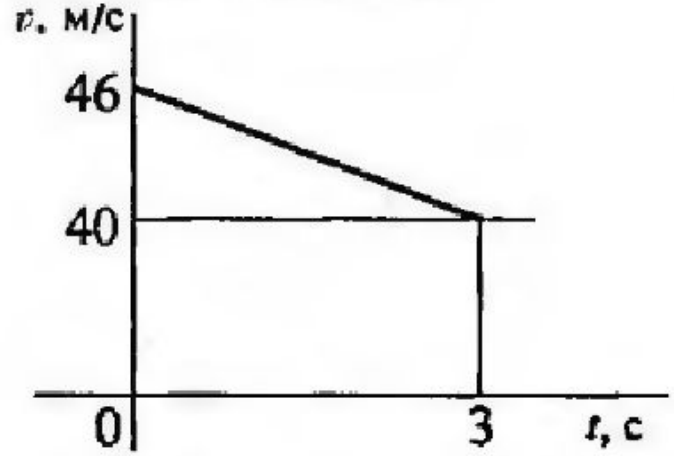
Задание 5

- 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
- a = arccos (3/5) = 53 град

Домашнее задание

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



$t_{ост} = 6$ с
$t_{ост} = 12$ с
$t_{ост} = 23$ с
$t_{ост} = 43$ 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.: Мащиностроение, 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://gannalv.narod.ru/img/p0002.gif

ttp://gannalv.narod.ru/img/p0005.gif