

# **Теоретическая механика**

## **Второй раздел**

### **Кинематика**

# Кинематика

## *Тема 1.7*

### *Основные понятия кинематики.*

## *1.8*

### *Кинематика точки*

Преподаватель технической механики – Шепелева Е.В.

# Вопросы

1. Способы задания движения точки.
2. Средняя скорость и скорость в данный момент времени.
3. Ускорение полное, нормальное и касательное.
4. Анализ видов и кинематических параметров движений.
5. Кинематические графики.

***Кинематикой называется раздел теоретической механики, в котором изучают движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения, вне связи с силами, определяющими это движение.***

**Движение** – основная форма существования  
всего материального мира,  
**покой и равновесие** частные случаи движения.

Всякое движение, и механическое в том числе  
происходит в пространстве и во времени.

***Основная задача кинематики  
состоит в том, чтобы зная  
закон движения данного тела,  
определить все кинематические  
характеристики.***

## Основные кинематические параметры

*Траекторией называется – линия которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве.*

*Пройденный путь – путь ( $S$ ) измеряется вдоль траектории в направлении движения.*

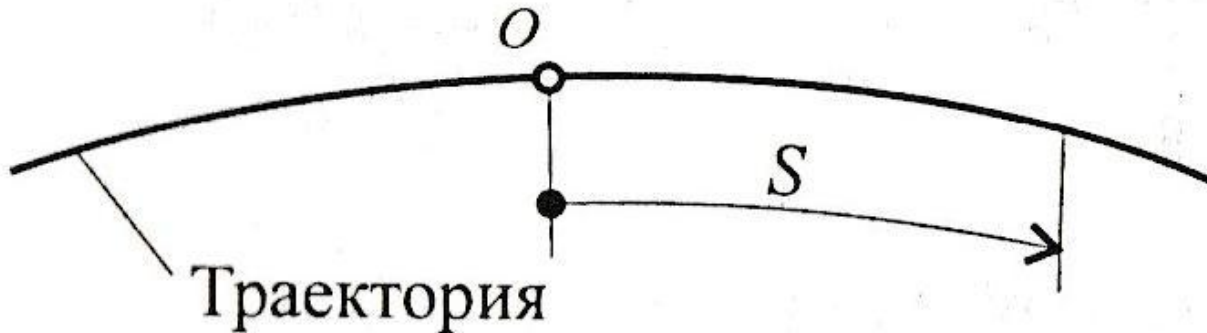
*Уравнение движения точки – уравнение, определяющее положение движущейся точки в зависимости от времени.*

*Системой отсчета называется твердое тело по отношению к которому с помощью системы координат определяется положение других тел в разные промежутки времени.*

## Способы задания движения точки

### **Естественный способ задания движения точки:**

- задается траектория движения точки;
- начало отсчета на траектории;
- закон движения точки вдоль траектории в виде уравнения  $S = f(t)$ .



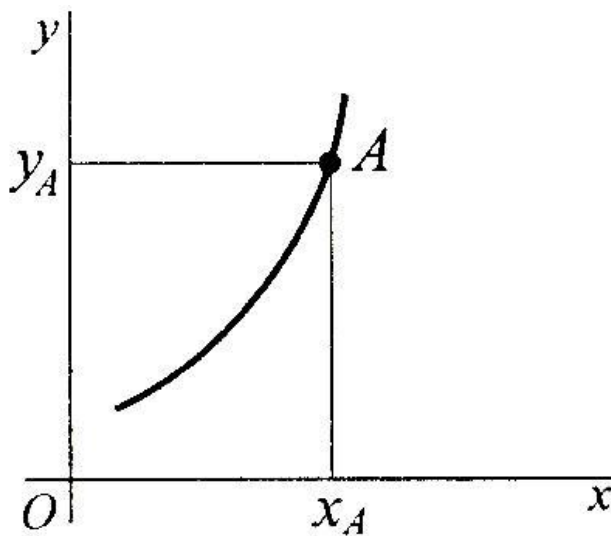


## **Координатный способ задания движения точки**

**-движение точки задается движением ее проекций вдоль осей координат уравнениями:**

$$X = f_1(t);$$

$$Y = f_2(t).$$

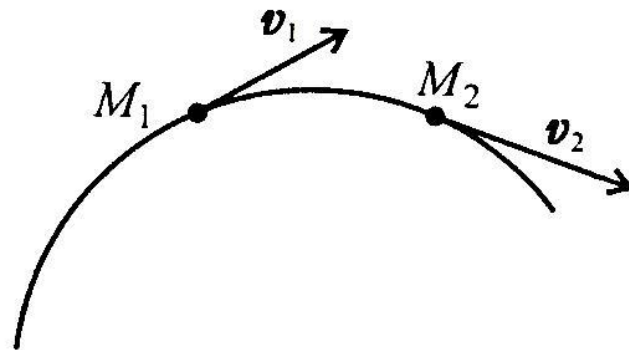


# Скорость движения

*Скоростью называется векторная величина, характеризующая в данный момент быстроту и направление движения по траектории.*

Вектор скорости в любой момент направлен по касательной к траектории.

За единицу скорости принимают 1 м/с.

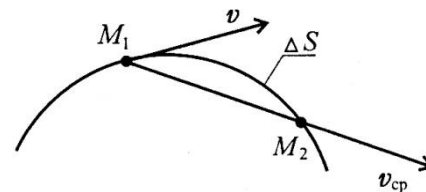


**Если точка за равные промежутки времени проходит равные расстояния то движение называют равномерным.**

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

Если точка за равные промежутки времени проходит неравные пути, то движение называют **неравномерным**.

**Средняя скорость определяется:**  $v_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ;



В этом случае скорость – величина переменная и зависит от времени:  $v = f(t)$ .

При рассмотрении малых промежутков времени при  $(\Delta t \rightarrow 0)$  Средняя скорость становится равной **истинной скорости** движения в **данный момент** и определяется как

$$v = \frac{dS}{dt}.$$

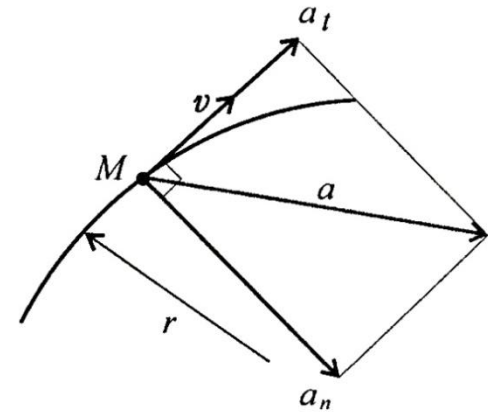
## Ускорение точки

*Ускорением точки называется векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению.*

За единицу ускорения принимают  $1 \text{ м/с}^2$ .

Среднее ускорение:

$$a_{cp} = \frac{\Delta v}{\Delta t};$$



При рассмотрении бесконечно малого промежутка времени среднее ускорение превратится в **ускорение в данный момент:**

$$a = \frac{dv}{dt};$$

Обычно для удобства рассматривают две взаимно перпендикулярные составляющие ускорения: **нормальное и касательное**.

### **Нормальное ускорение**

**характеризует изменение скорости по направлению**

**определяется как**

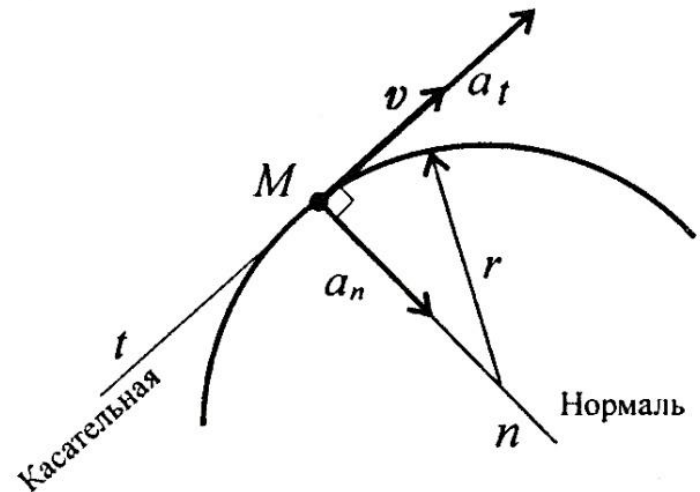
$$a_n = \frac{v^2}{r};$$

### **Касательное ускорение**

**характеризует изменение скорости по величине и**

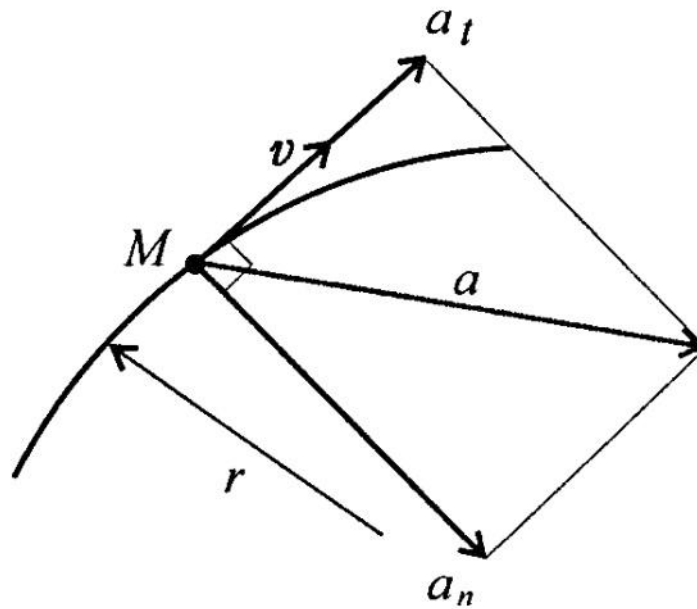
**всегда направлено по касательной к траектории, определяется как**

$$a_t = \frac{dv}{dt};$$



# Полное ускорение

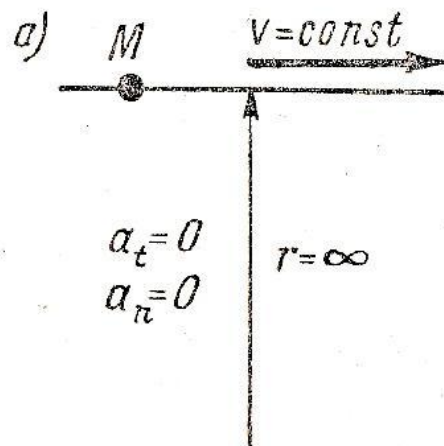
$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2};$$



# Виды движения точки в зависимости от ускорений

Рассмотрим возможные случаи движения точки :

Равномерное прямолинейное движение:  $a = 0$ .

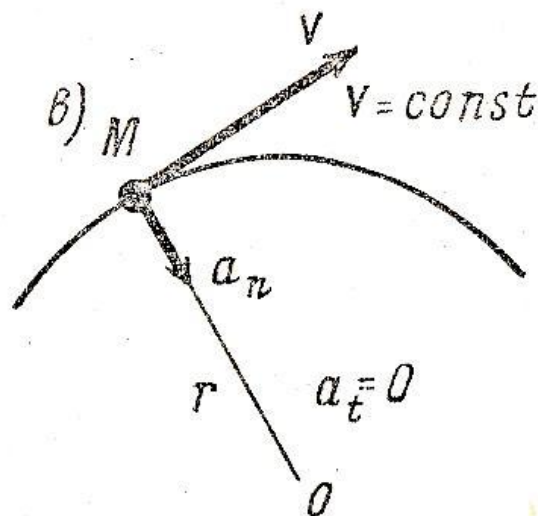




# Виды движения точки в зависимости от ускорений

Равномерное криволинейное движение:

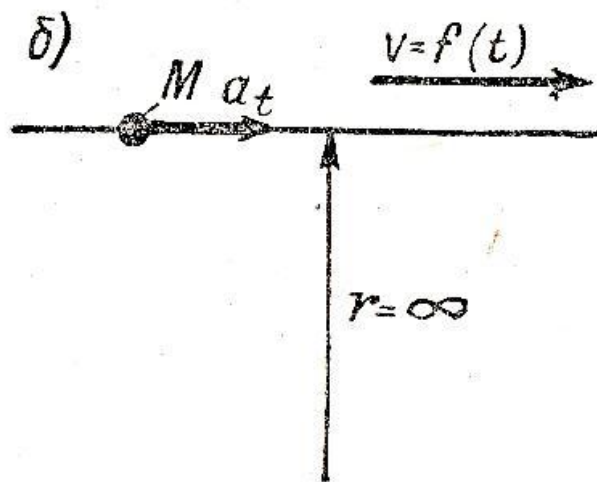
$$a = a_n.$$



# Виды движения точки в зависимости от ускорений

Неравномерное прямолинейное движение:

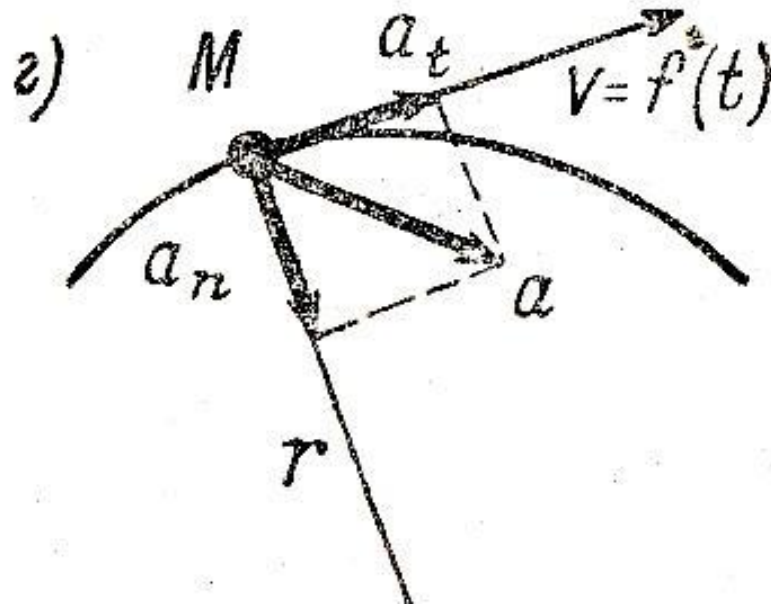
$$a = a_t.$$



# Виды движения точки в зависимости от ускорений

Неравномерное криволинейное движение:

$$a = a_n + a_t.$$



Равнопеременное движение – это движение с постоянным касательным ускорением:

$$a_t = \text{const.}$$

Равнопеременное движение может быть ускоренным и может быть замедленным.

Равномерное прямолинейное движение (рисунок а):

$$a = 0$$

Равномерное криволинейное движение (рисунок б):

$$a = a_n$$

Неравномерное прямолинейное движение (рисунок в):

$$a = a_t$$

Неравномерное криволинейное движение (рисунок г):

$$a = a_n + a_t$$

Равнопеременное движение – это движение с постоянным касательным ускорением:

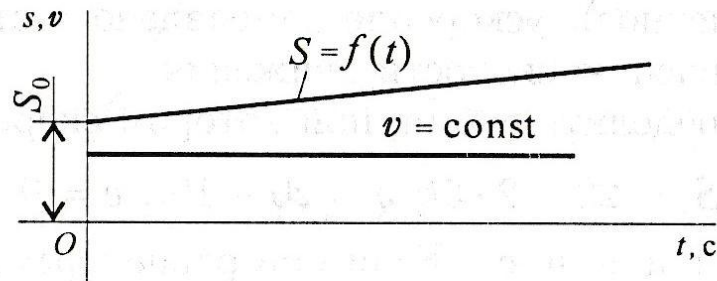
$$a_t = \text{const.}$$

Равнопеременное движение может быть ускоренным и может быть замедленным.

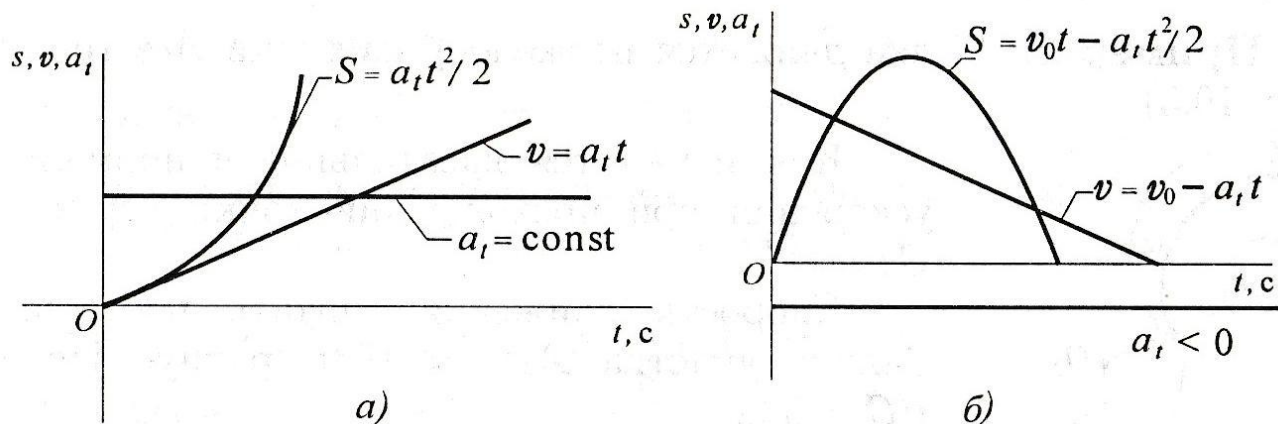
# Кинематические графики

Кинематические графики – это графики изменения пути, скорости и ускорений в зависимости от времени.

## Равномерное движение



## Равнопеременное движение



# Определение скорости и ускорения точки при задании ее движения естественным способом

## Скорость

*Истинная скорость при любом движении точки равна первой производной пути по времени.*

$$v = \frac{dS}{dt}.$$

## Ускорение

*Истинное ускорение в прямолинейном движении равно первой производной скорости по времени или второй производной пути по времени.*

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2}.$$

# При движении точки по криволинейной траектории

## Ускорение

Ускорение в криволинейном движении определяется через проекции на касательную и нормаль.

**Теорема:** *Нормальное ускорение равно квадрату скорости, деленному на радиус кривизны траектории в данной точке.*

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

*Касательное ускорение равно первой производной скорости по времени.*

$$a_t = \frac{dv}{dt}.$$



Определение скорости и ускорения точки при задании ее движения координатным способом

## Скорость

*Теорема: проекция скорости на координатную ось равна первой производной от соответствующей координаты по времени.*

$$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad v_y = \frac{dy}{dt}; \quad v_z = \frac{dz}{dt}; \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

## Ускорение

*Теорема: проекция ускорения на координатную ось равна второй производной от соответствующей координаты по времени.*

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}; \quad a_z = \frac{dv_z}{dt}; \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}.$$

## Домашнее задание

[1] автор Олофинская В.П.  
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Стр. 66 – 78; Ответить на  
контрольные вопросы на стр.70; 76 – 78.