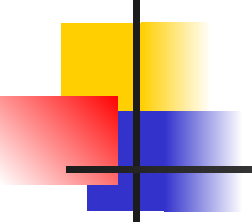


КИНЕМАТИКА

Основные понятия:



система отсчета (**СО**),
система координат (**СК**),
материальная точка (**МТ**),
радиус-вектор, координаты,
вектор перемещения,
пройденный путь, скорость,
ускорение, кинематические
уравнения движения.



Различают движения

- Прямолинейное, криволинейное – по типу траектории.
- Равномерное, неравномерное, равнопеременное – по виду кинематических уравнений.

Внимание !

Используются обозначения:

Учебник

Лекции, МУ

Радиус-вектор

r

\vec{r}
 r

Вектор скорости

v

\vec{v}
 v

Вектор ускорения

a

\vec{a}
 a

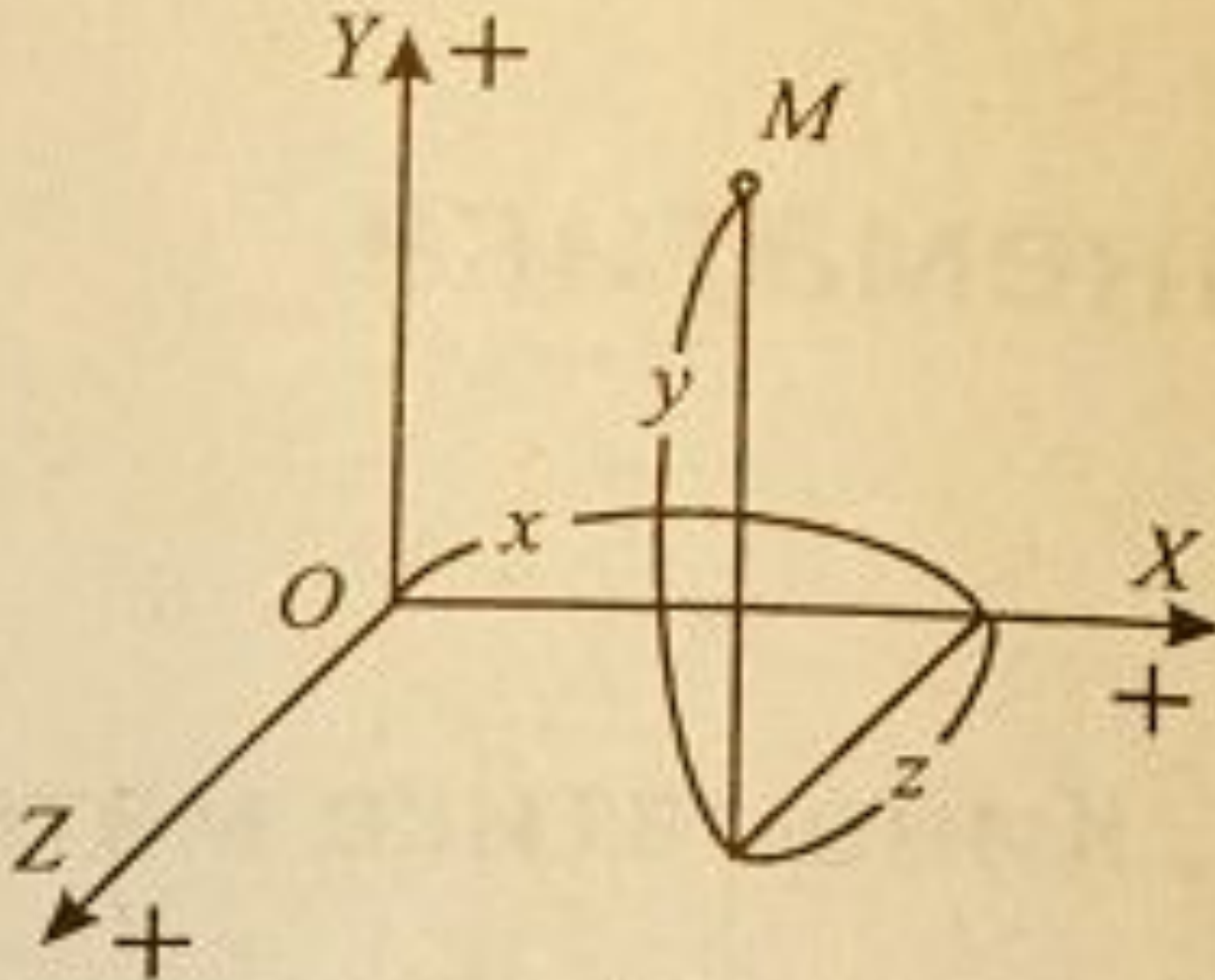

$$CO = CK + TO + \text{часы}$$

Система отсчета определяет положение тела в любой момент времени.

Системы координат:

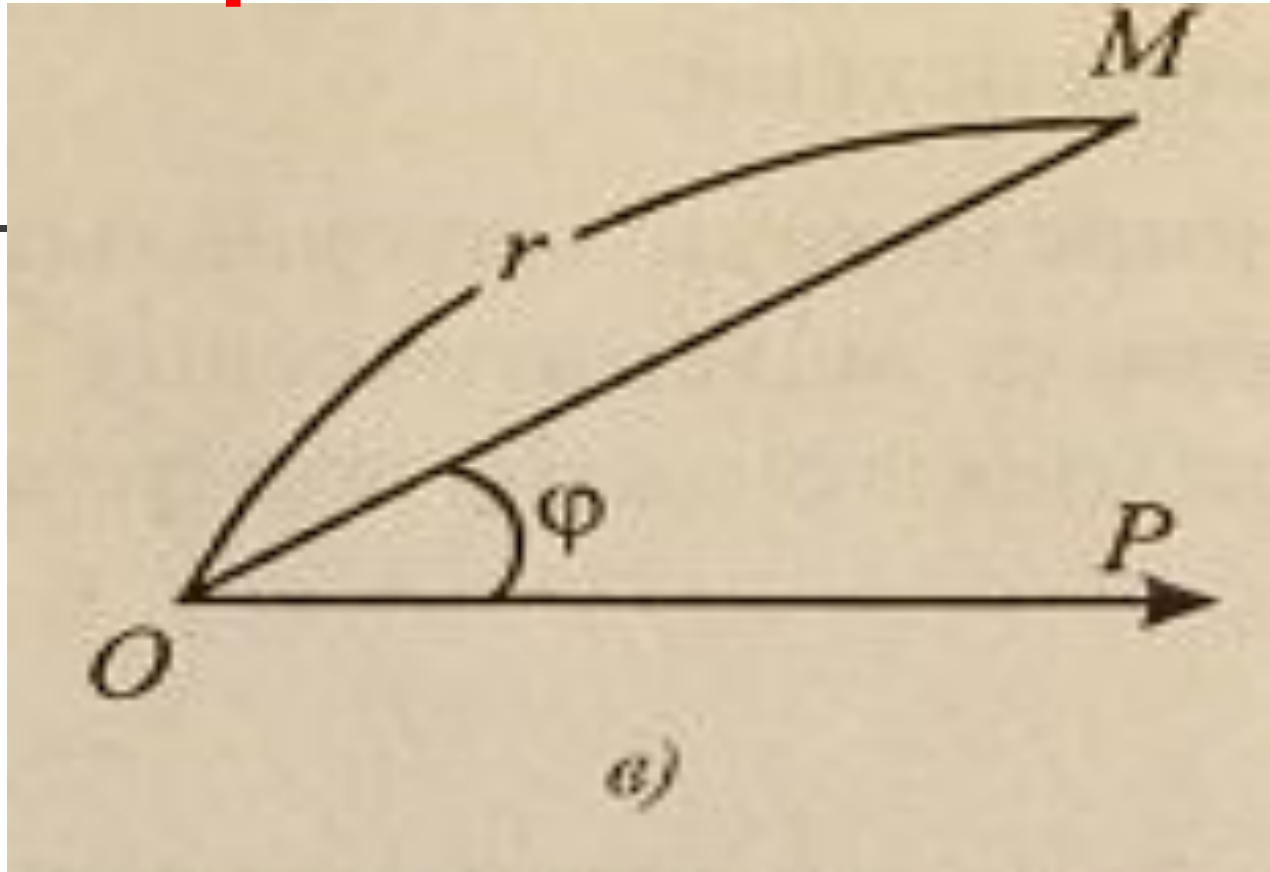
- 1) прямоугольная (декартова);
- 2) полярная;
- 3) цилиндрическая;
- 4) сферическая.

Прямоугольная (декартова) СК



Z - аппликата

Полярная СК на плоскости



- O – полюс; OP – полярная ось;
- r – радиус – вектор точки M ;
- φ – полярный угол.

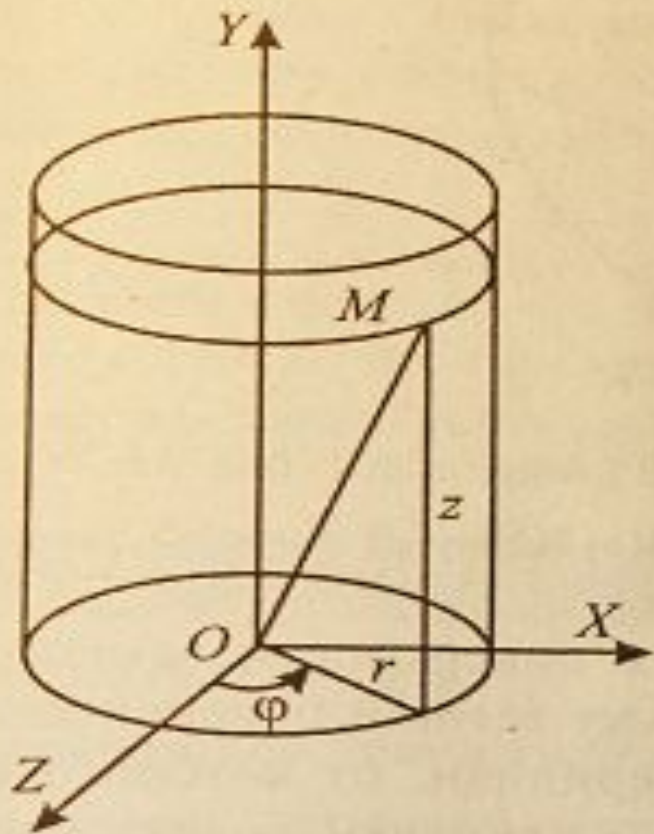


Рис. 13. Цилиндрические координаты

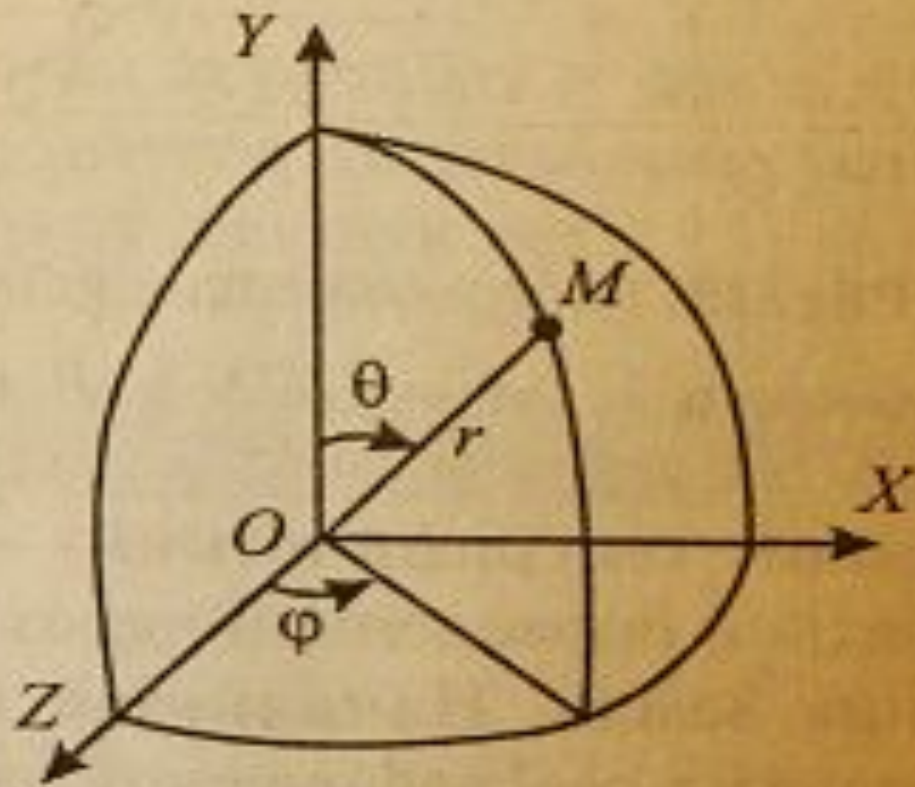
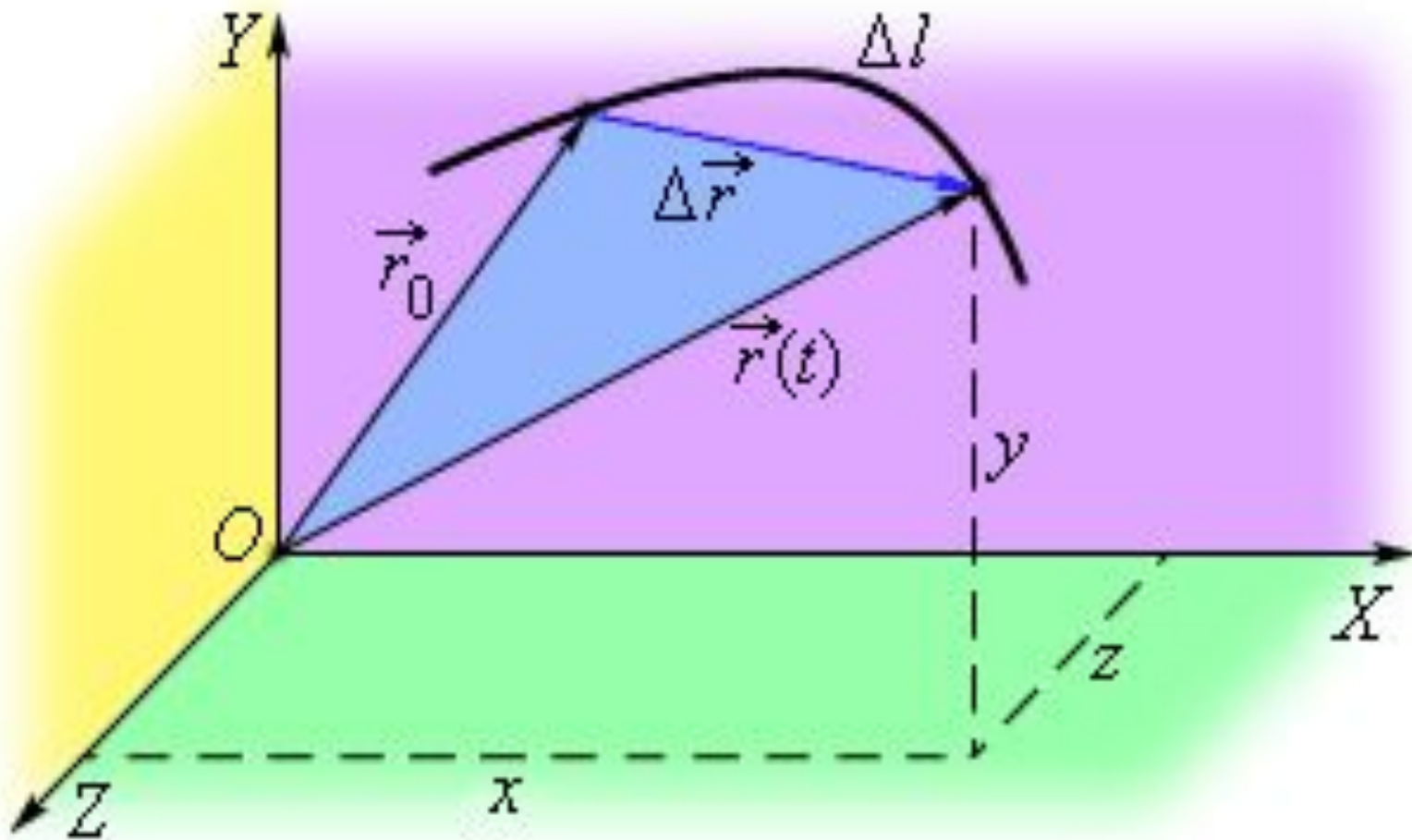


Рис. 14. Сферические координаты

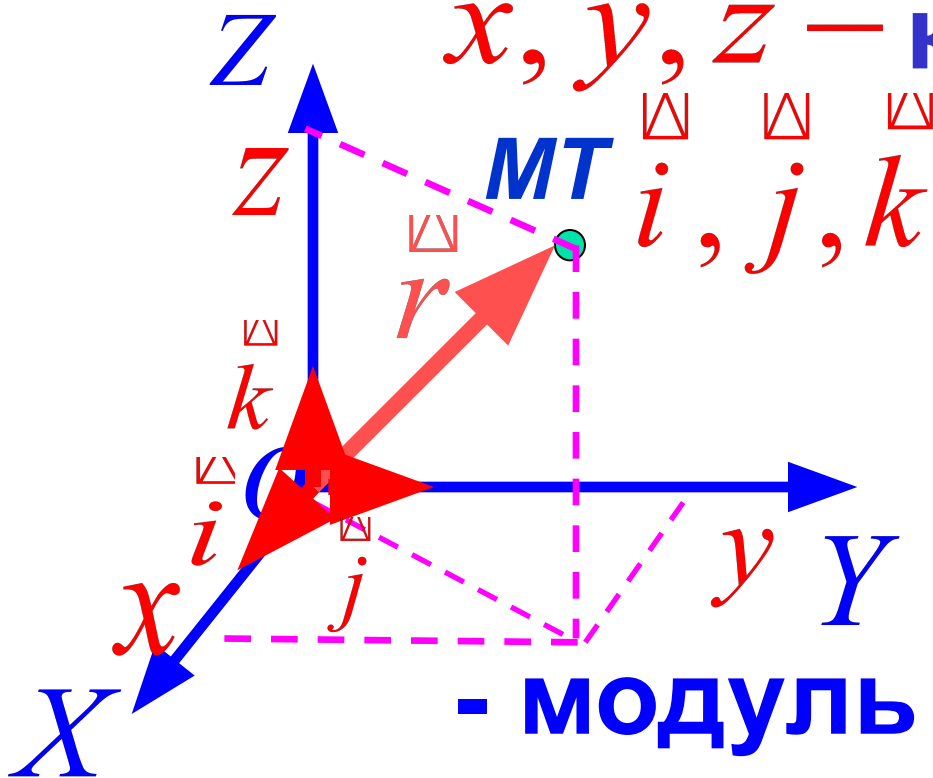
- аналог полярных координат в пространстве



Определение положения точки с помощью координат x, y, z и радиус-вектора \vec{r} .

Радиус - вектор \vec{r}

задает положение M в пространстве: $\vec{r} = xi + yj + zk$,
 x, y, z — координаты M ,



i, j, k — орты системы координат,

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

- модуль радиус-вектора.

Вектор перемещения Δr

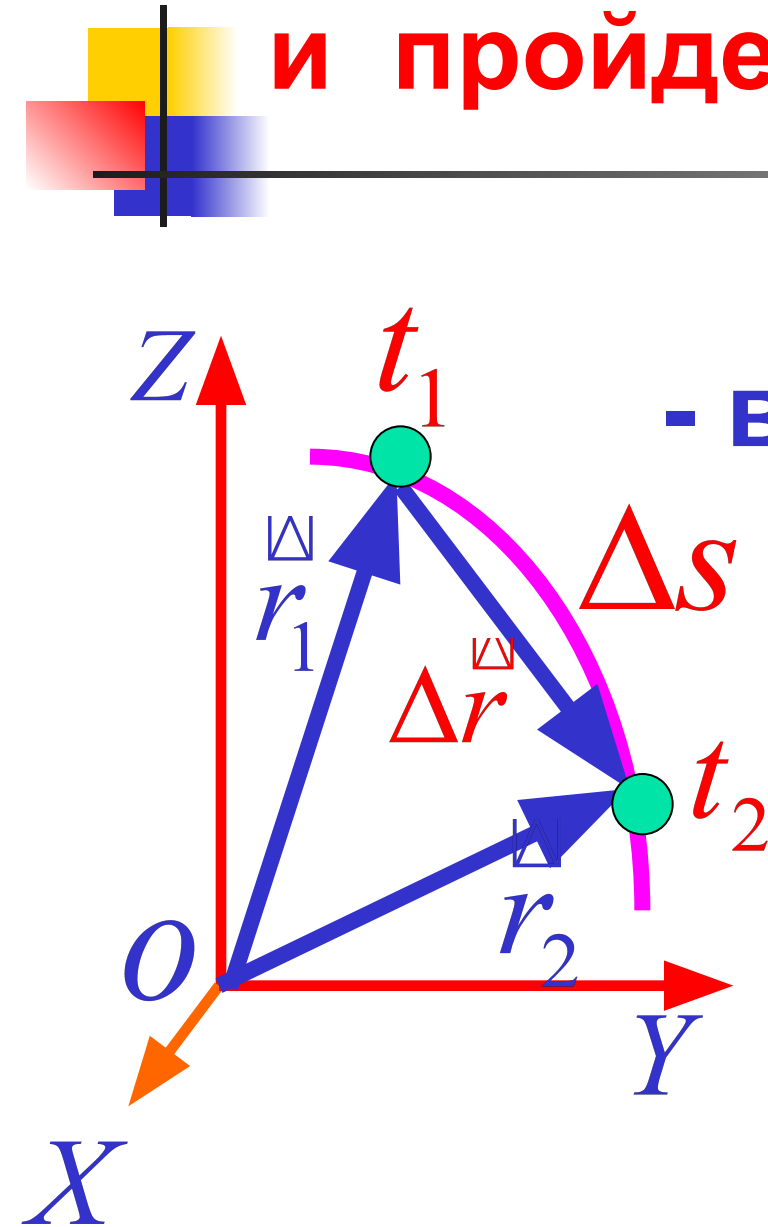
и пройденный путь Δs

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

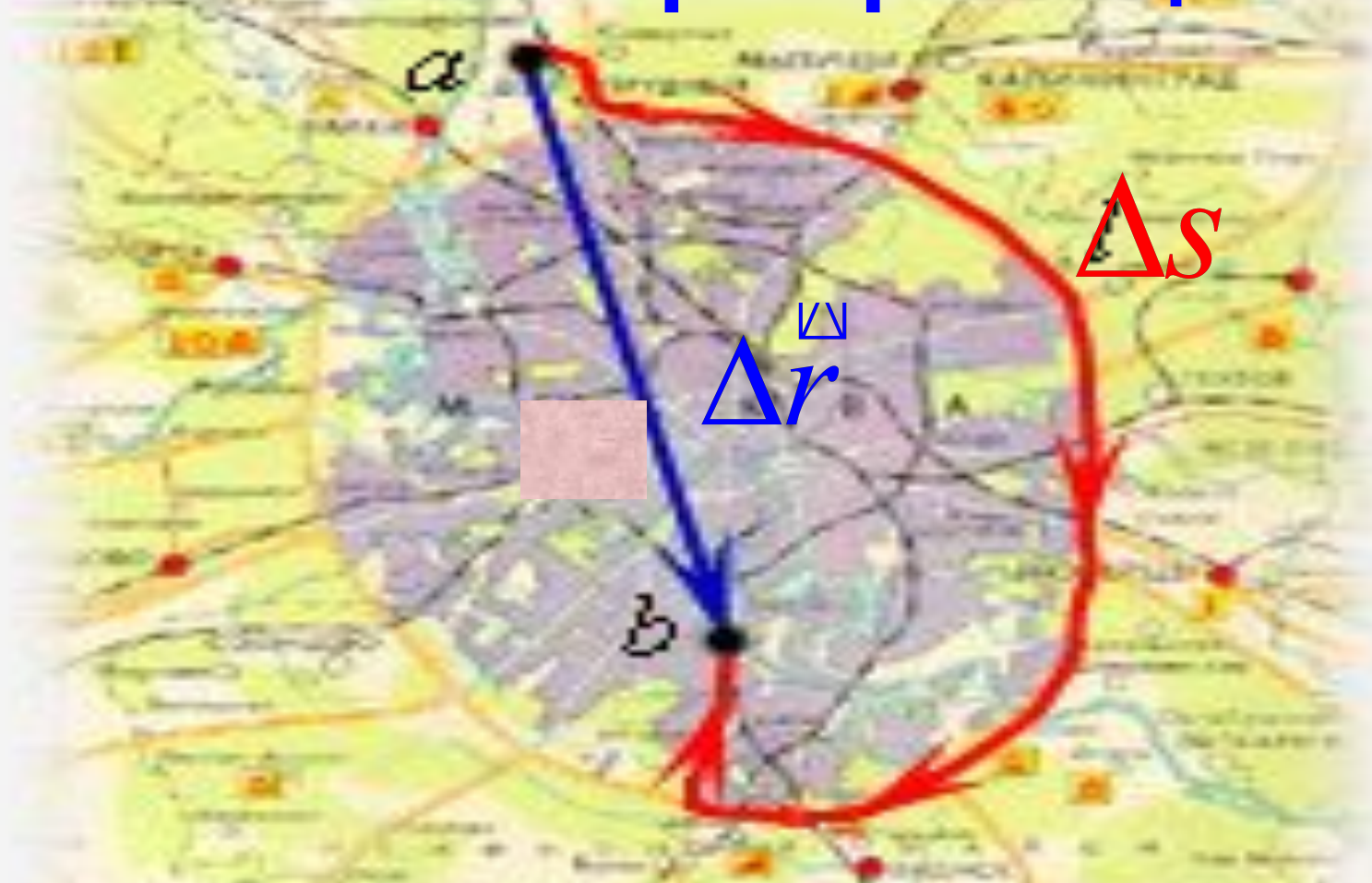
- вектор перемещения,

Δs - путь,
пройденный за
время

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$



Δr - вектор перемещения

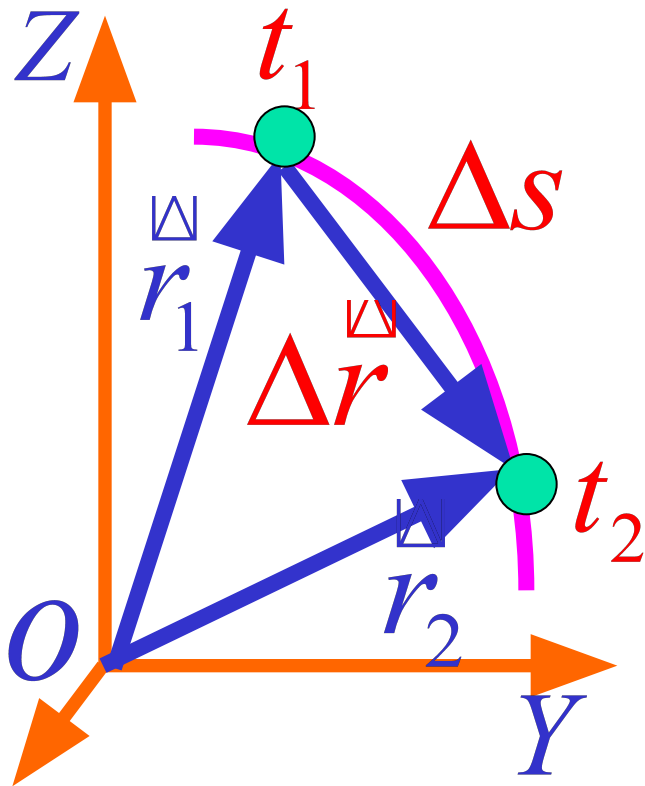


ΔS - пройденный путь

$\Delta r \neq \Delta s$!!!

Но $\Delta r = \Delta s$

при прямолинейном
движении без поворота.



За бесконечно
малый промежуток
времени dt вектор
перемещения dr ,
пройденный путь ds

Скорость

характеризует быстроту
изменения положения

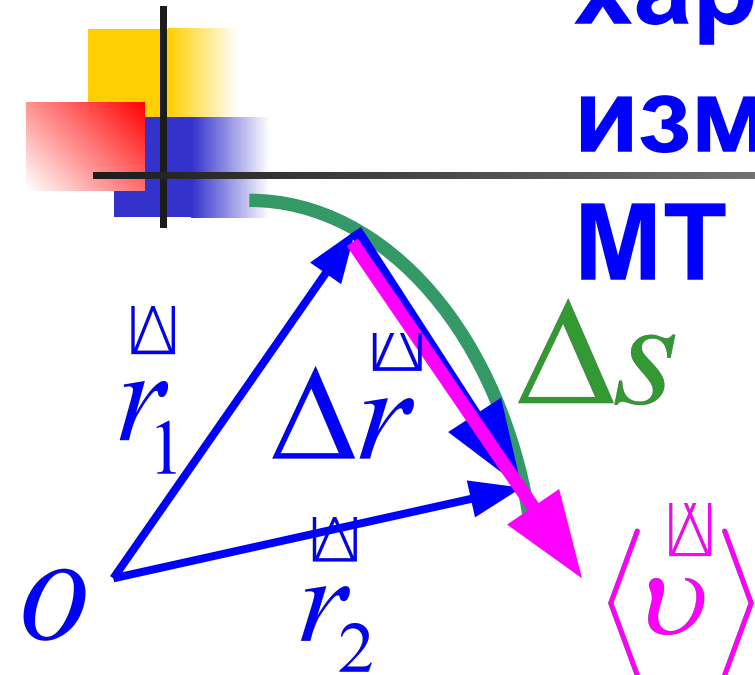
МТ в пространстве.

Вектор средней
скорости

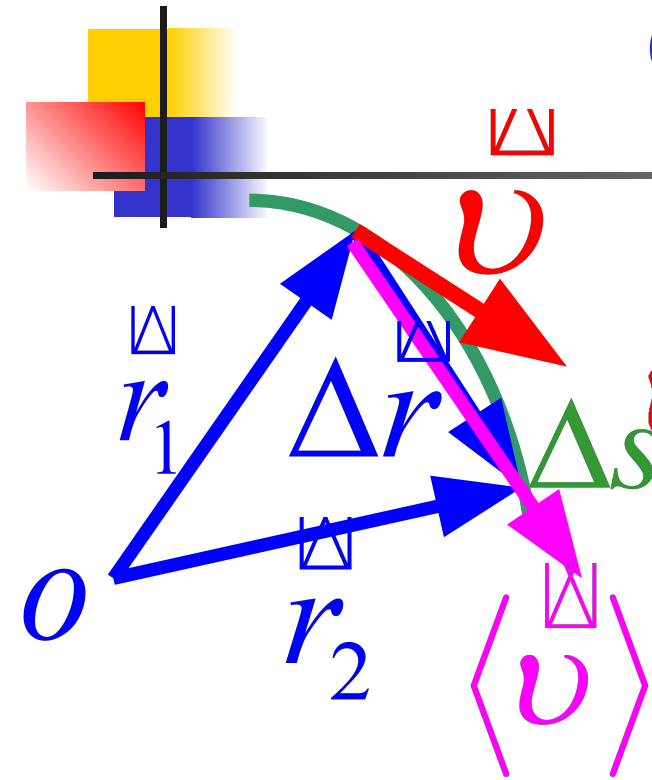
$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t};$$

$\langle v \rangle = \frac{\Delta r}{\Delta t}$ - модуль средней скорости перемещения;

$\langle v \rangle = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ - средняя путевая скорость



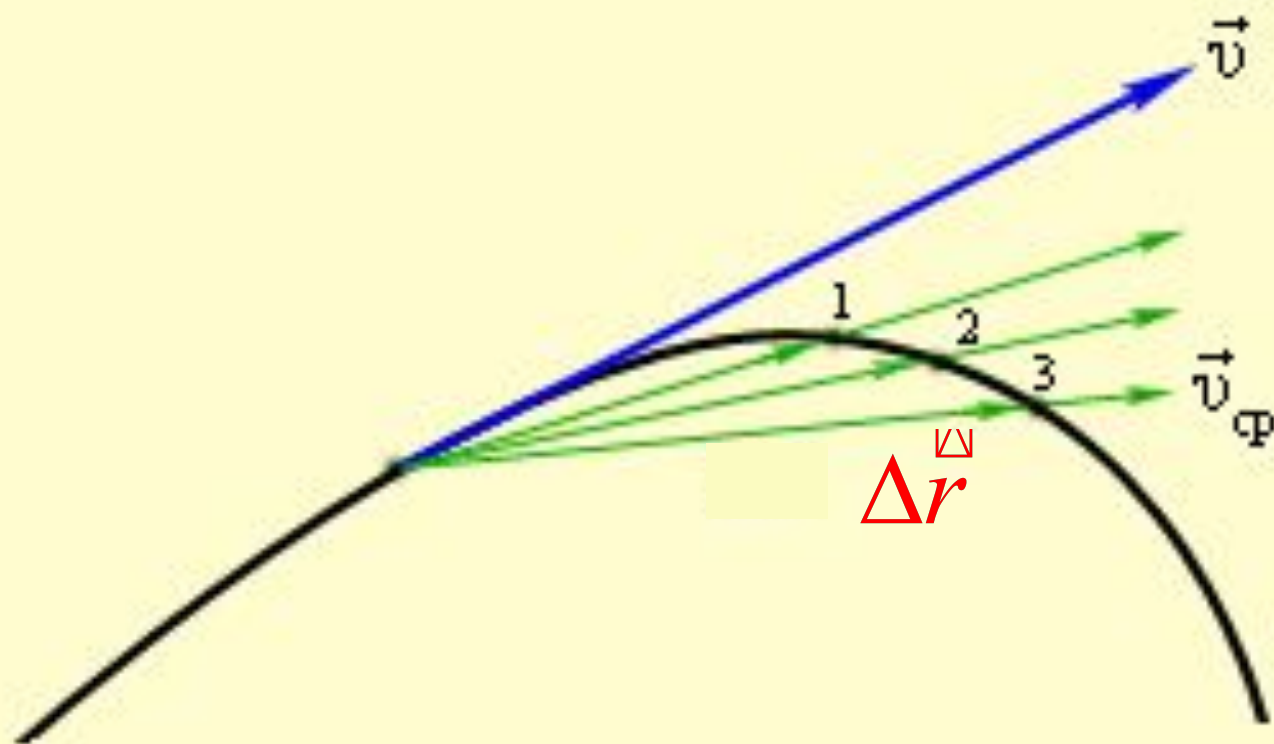
Вектор мгновенной скорости (в данный момент времени)



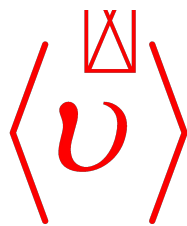
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} = r'$$

Модуль мгновенной скорости

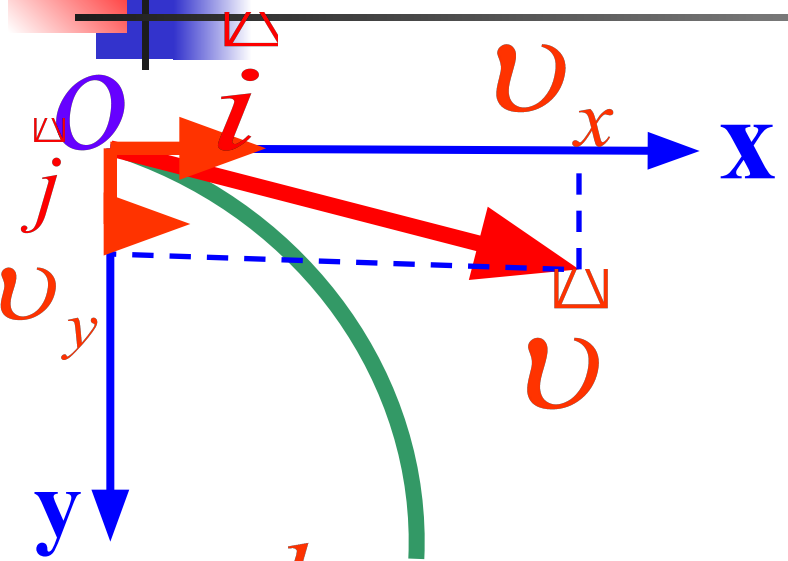
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$



Вектор скорости \vec{v} направлен по касательной к траектории, вектор \vec{v} - по вектору перемещения $\Delta \vec{r}$



Скорость и ее проекции \vec{v}
связаны соотношением: $\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j}$
(движение в плоскости XOY).



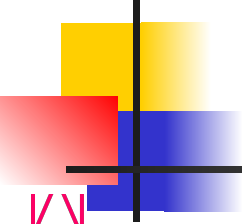
Проекция \vec{v} на ось X - производная координаты X по времени t




$$v_x = \frac{dx}{dt};$$

$v_y = \frac{dy}{dt}$ - **проекция \vec{v} на ось Y – производная координаты y по t;**

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

Закон сложения скоростей

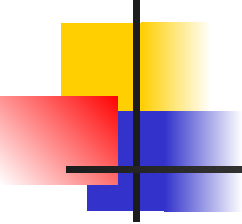

$$v = v_0 + v'$$

-  скорость тела в «неподвижной» системе отсчета (абсолютная);
-  скорость тела в «движущейся» системе отсчета (относительная);
-  переносная скорость подвижной системы отсчета.

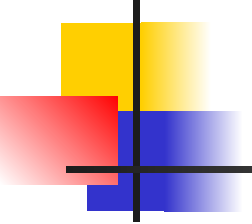
Ускорение

Характеризует быстроту

изменения скорости по
величине и направлению.


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

вектор среднего ускорения , направлен по вектору изменения скорости.



Вектор ускорения в данный момент времени – производная вектора скорости \vec{v} по времени

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{v}'.$$

Проекции вектора ускорения \vec{a} на координатные оси X и Y

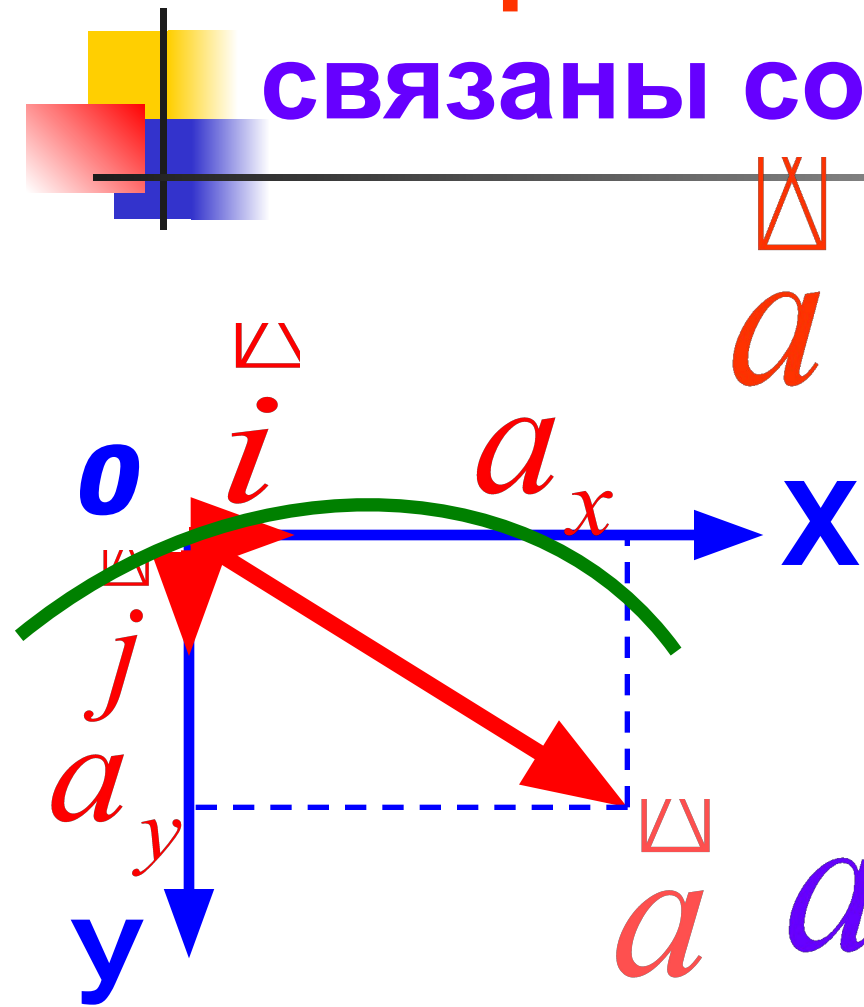
$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = v'_x; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = v'_y.$$

Ускорение и его проекции связаны соотношением:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j};$$

Модуль a

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}.$$



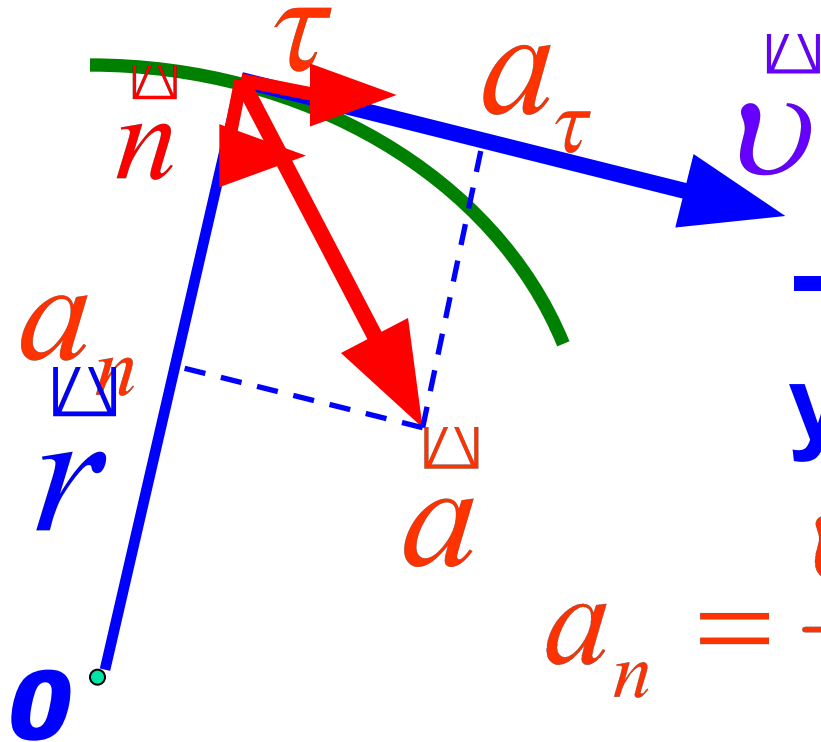
Проекции \vec{a} на направления касательной к траектории и нормали к касательной :

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}, \quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2},$$

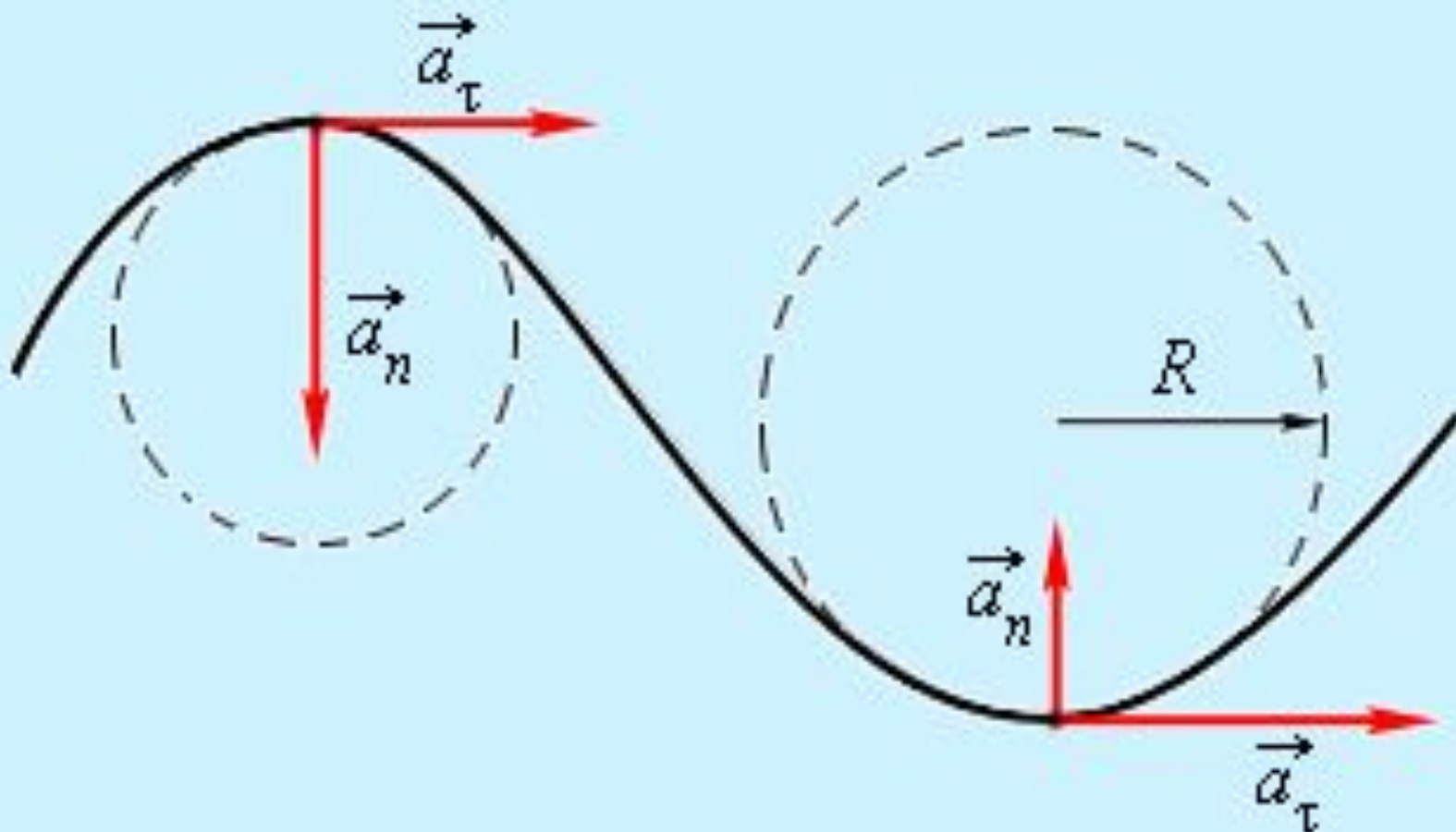
$$a_\tau = \frac{dv}{dt}$$

- тангенциальное ускорение -

$$a_n = \frac{v^2}{r} \quad \text{нормальное ускорение -}$$



Движение по дугам окружностей



КИНЕМАТИЧЕСКИЕ

УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ

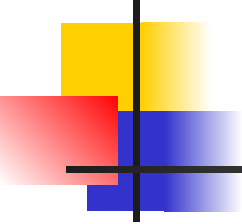
Выражают зависимость от времени радиус - вектора \vec{r} МТ или ее координат x, y, z

$$\vec{r} = \vec{r}(t), \quad x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t)$$

Например,

$$\vec{r} = 3t^3 \vec{i} + 5t^2 \vec{j} + t \vec{k}.$$

Скорость МТ


$$\vec{v} = \vec{r}' = 9t^2 \vec{i} + 10t \vec{j} + \vec{k},$$

ее ускорение

$$\vec{a} = \vec{v}' = \vec{r}'' = 18t \vec{i} + 10 \vec{j}.$$

Для МТ, движущейся вдоль оси X:

$$x = 3 + 2t - 5t^2 + t^3;$$

$$v_x = x' = 2 - 10t + 3t^2;$$

$$a_x = v_x' = x'' = -10 + 6t.$$

Движение тела, брошенного под углом α к горизонту

