

ФИЗИКА

ЛИТЕРАТУРА:

Иродов И.Е. Общая физика

Матвеев А.Н. Курс физики

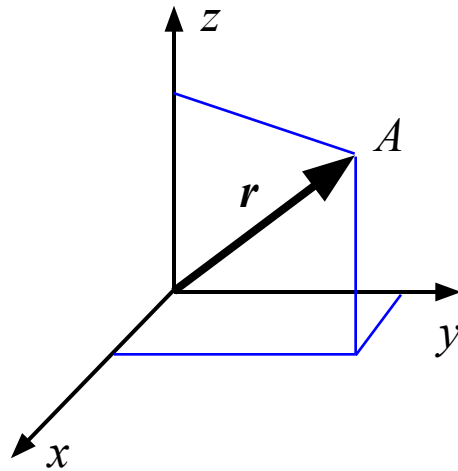
Джанколи Д. Физика

Савельев И.А. Курс общей физики

Трофимова Т.И. Курс физики

Сивухин Д.В. Общий курс физики

Декартова система координат



x, y, z – координаты $(\cdot)A$

r – радиус-вектор

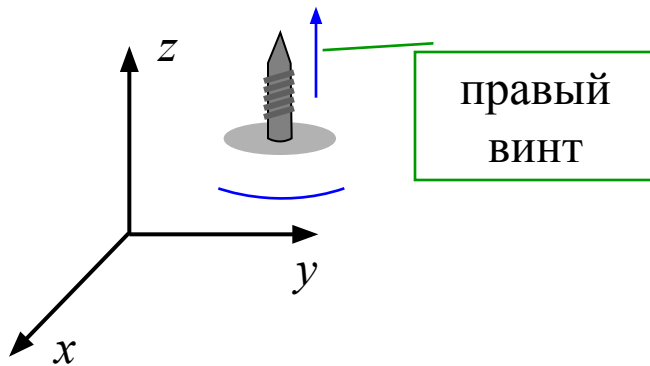
$$r = x \cdot i + y \cdot j + z \cdot k$$

i, j, k – координатные орты

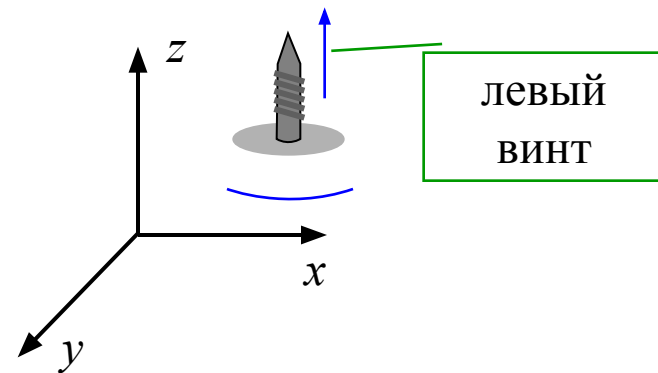
$$|i| = |j| = |k| = 1$$

$$i \perp j \perp k$$

Правая система координат



Левая система координат



Элементы векторной алгебры

Обозначение вектора: $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C} \\ \underline{\underline{A}}, \underline{\underline{B}}, \underline{\underline{C}} \end{array} \right.$

Определение вектора: *вектор* – упорядоченный набор чисел.

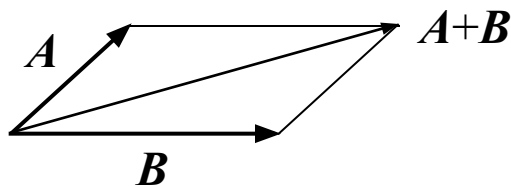
$\mathbf{A} \equiv (A_x, A_y, A_z)$, A_i ($i = x, y, z$) – составляющие (компоненты) вектора

Сложение векторов и умножение вектора на число

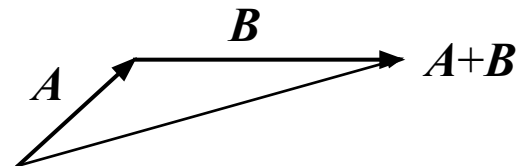
$$\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B} \text{ где } C_i = A_i + B_i \quad i = x, y, z$$

$$\alpha \mathbf{A} \equiv (\alpha A_x, \alpha A_y, \alpha A_z)$$

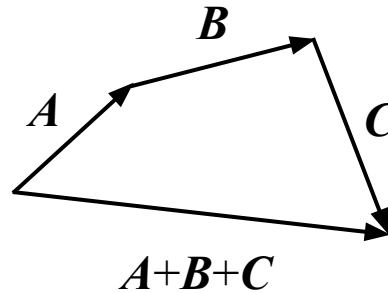
Сложение по правилу
параллелограмма



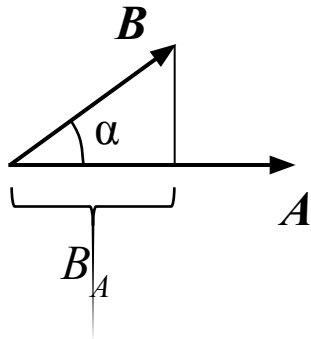
Сложение по правилу
треугольника



Сложение нескольких векторов



Скалярное произведение



$$(A, B) = A \cdot B \cdot \cos \alpha = A \cdot B_A$$

~~(A, B) = A \cdot B \cdot \cos \alpha~~
скалярное произведение

В декартовой системе координат

$$(A, B) = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

Векторное произведение

1)

2)

$$C = A \cdot B \cdot \sin \alpha$$

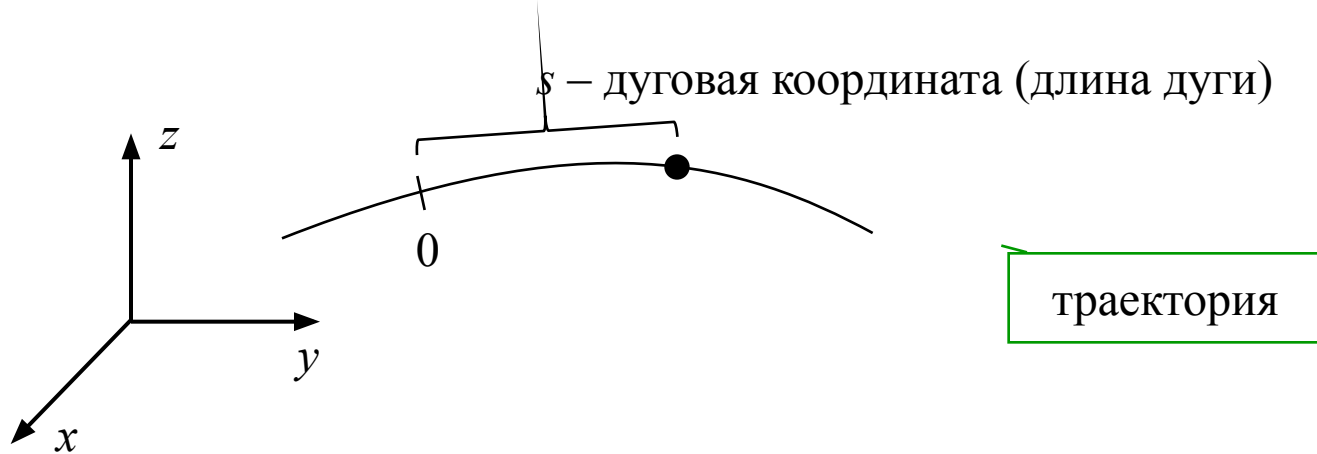
В декартовой системе координат

$$[A, B] = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$[A, B] = (A_y B_z - A_z B_y) \mathbf{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \mathbf{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \mathbf{k}$$

Кинематика материальной точки

Описание движения материальной точки



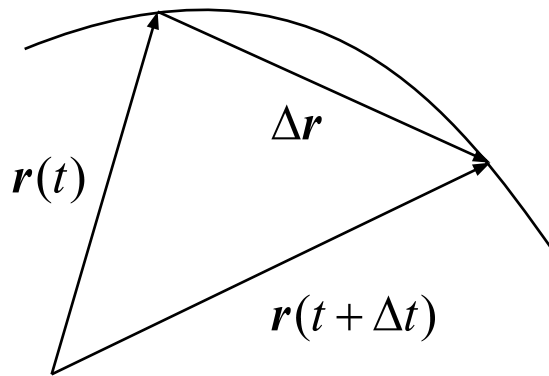
1) Координатный способ $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$

2) Векторный способ $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$

3) Траекторный способ $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{r} = \mathbf{r}(s) \text{ (уравнение траектории)} \\ s = s(t) \text{ (дуговая координата)} \end{array} \right.$

Скорость и ускорение материальной точки

Скорость



$$\Delta r = r(t + \Delta t) - r(t) \quad \text{— перемещение}$$

$$v_{\text{cp}} = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad \text{— средняя скорость}$$

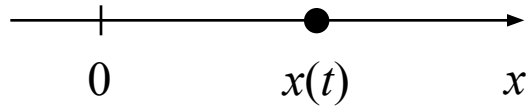
$$v = \dot{r} = \frac{dr}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad \text{— (мгновенная) скорость}$$

Ускорение

$$a = \dot{v} = \frac{dv}{dt}$$

$$a = \ddot{r} = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

Прямолинейное движение



$$x = x(t)$$

$$v = \frac{dx}{dt}$$

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

1) Равномерное движение, $v = \text{const}$

$$a = \frac{dv}{dt} \longrightarrow a = 0$$

$$\frac{dx}{dt} = v \longrightarrow x = x_0 + vt$$

2) Равноускоренное движение, $a = \text{const}$

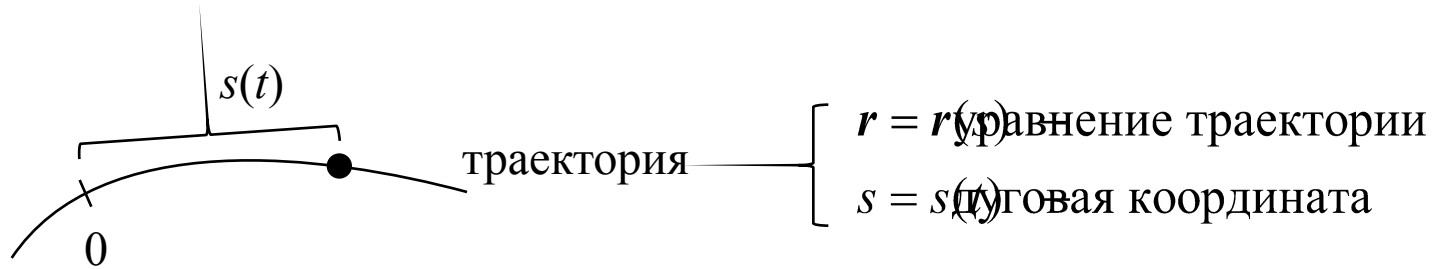
$$\frac{dv}{dt} = a \longrightarrow v = v_0 + at$$

$$\frac{dx}{dt} = v \longrightarrow x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$$

x_0 – начальные координата

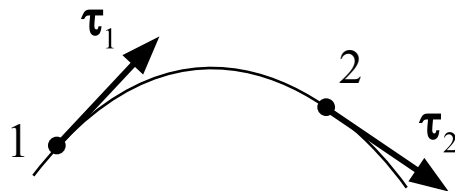
v_0 – начальная скорость

Движение по криволинейной траектории

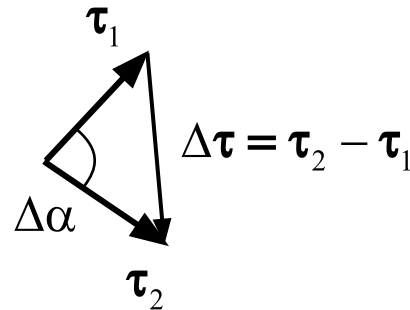
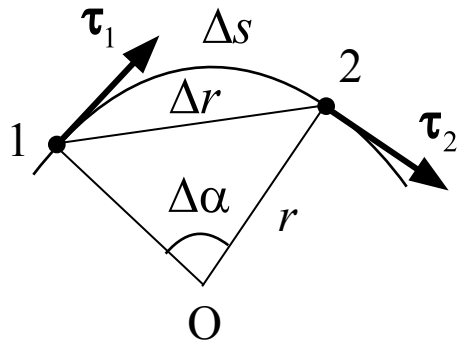


1) $\tau = \frac{dr}{ds}$ — касательный вектор

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta r \text{ (хорда)}}{\Delta s \text{ (дуга)}} = 1 \quad \Rightarrow \quad |\tau| = 1$$



Движение по криволинейной траектории

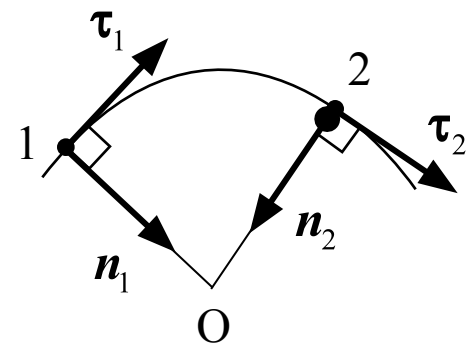


$$\left. \begin{aligned} \Delta\alpha &= \frac{\Delta s}{r} \\ \Delta\alpha &= \frac{\Delta\tau}{\tau} = 1 \end{aligned} \right\} \longrightarrow r \frac{\Delta\tau}{\Delta s} = 1$$

2) $\mathbf{n} = r \frac{d\boldsymbol{\tau}}{ds}$ – главная нормаль, $|\mathbf{n}| = 1$

r – радиус кривизны траектории

$$\mathbf{n} \perp \boldsymbol{\tau}$$



Движение по криволинейной траектории

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{d\mathbf{r}}{ds} \frac{ds}{dt} \quad \left(\mathbf{r} = \mathbf{r}(s(t)) \right) \quad \Rightarrow$$

$$\mathbf{v}(t) = \frac{ds}{dt} \boldsymbol{\tau}$$



$$\mathbf{v} \parallel \boldsymbol{\tau}, \quad v = \frac{ds}{dt}$$

$$\mathbf{a}(t) = \frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{ds}{dt} \boldsymbol{\tau} \right) = \frac{d^2s}{dt^2} \boldsymbol{\tau} + \frac{ds}{dt} \left(\frac{d\boldsymbol{\tau}}{ds} \frac{ds}{dt} \right) = \frac{d^2s}{dt^2} \boldsymbol{\tau} + v^2 \frac{d\boldsymbol{\tau}}{ds} \quad \Rightarrow$$

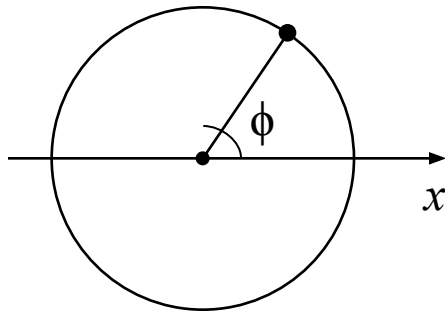
$$\mathbf{a}(t) = \frac{d^2s}{dt^2} \boldsymbol{\tau} + \frac{v^2}{r} \mathbf{n}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2s}{dt^2} \frac{dv}{dt} \\ \text{тангенциальное ускорение} \\ \frac{v^2}{r} \\ \text{нормальное ускорение} \end{array} \right.$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{d^2s}{dt^2} \right)^2 + \left(\frac{v^2}{r} \right)^2} \quad \text{полное ускорение}$$

Движение по окружности



Определения:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \text{ — угловая скорость}$$

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} \text{ — угловое ускорение}$$

1) Равномерное вращение, $\omega = \text{const}$

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} \quad \longrightarrow \quad \beta = 0$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega \quad \longrightarrow \quad \varphi = \varphi_0 + \omega t$$

$$v = \frac{\omega}{2\pi} \text{ — частота} \quad \text{Период — } \frac{1}{v}$$

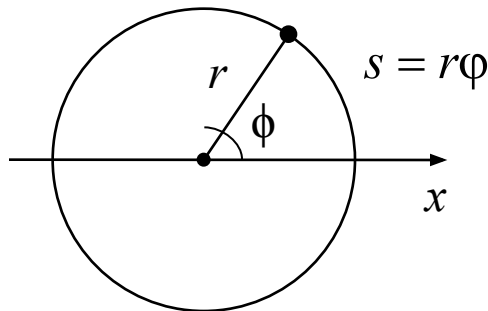
Движение по окружности

2) Равноускоренное вращение, $\beta = \text{const}$

$$\frac{d\omega}{dt} = \beta \quad \longrightarrow \quad \omega = \omega_0 + \beta t$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega \quad \longrightarrow \quad \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2}$$

Связь линейный и угловых величин



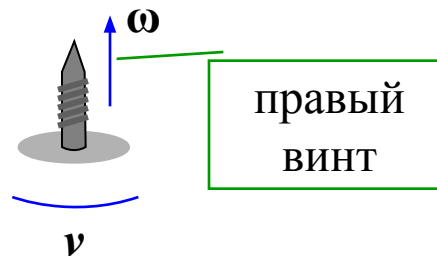
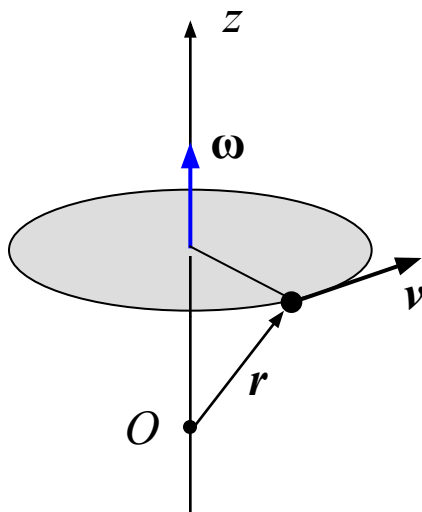
$$v = \frac{ds}{dt} = r \frac{d\varphi}{dt} = r\omega$$

$$a_{\tau} = \frac{d^2s}{dt^2} = r \frac{d^2\varphi}{dt^2} = r\beta$$

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

Движение по окружности

Положение окружности в пространстве и направление вращения задается *вектором угловой скорости* $\boldsymbol{\omega}$.



z – ось вращения (\perp плоскости окружности)

$\boldsymbol{\omega}$ – вектор угловой скорости, $|\boldsymbol{\omega}| = \omega$, $\boldsymbol{\omega} \parallel z$

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}$$