

Прямолинейное равноускоренное движение

Ускорение

- *Ускорение* – физическая величина, численно равная отношению изменения мгновенной скорости тела при равноускоренном движении к промежутку времени, за которое это изменение произошло.

$$a = \frac{\Delta v}{t}; \quad \text{или} \quad a = \frac{v - v_0}{t}; \quad a \uparrow \uparrow \Delta v.$$

Единицы измерения

- *Единица ускорения – 1 метр в секунду за секунду – 1 м/с².*

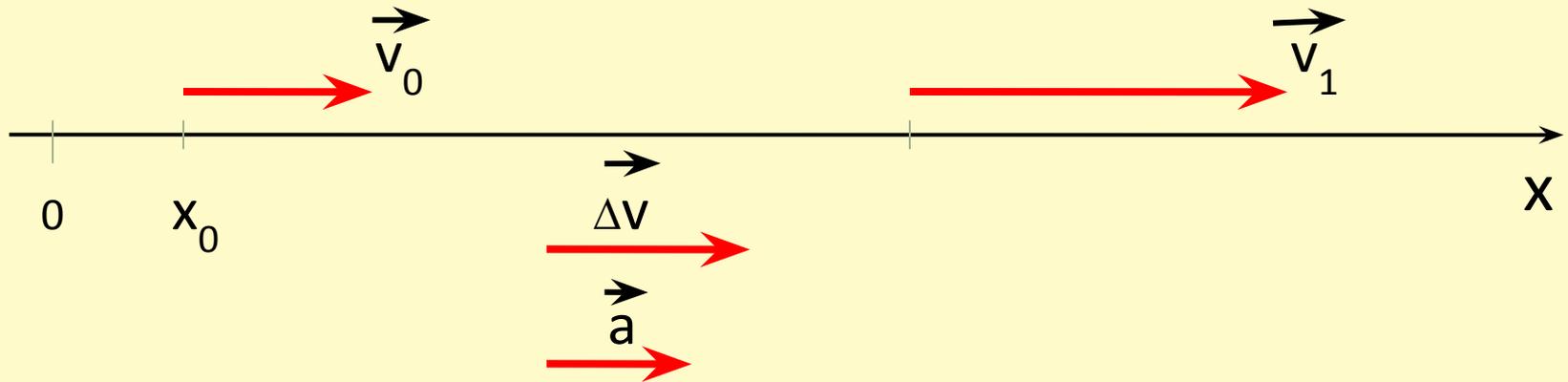
$$a = 1 \frac{M}{c^2}, \text{ если за } t = 1 \text{ с, } |\Delta v| = 1 \frac{M}{c}.$$

Направление вектора ускорения

- *Направление вектора ускорения* всегда совпадает с направлением вектора изменения мгновенной скорости:

$$\overset{\boxtimes}{a} \uparrow \uparrow \Delta \overset{\boxtimes}{v}$$

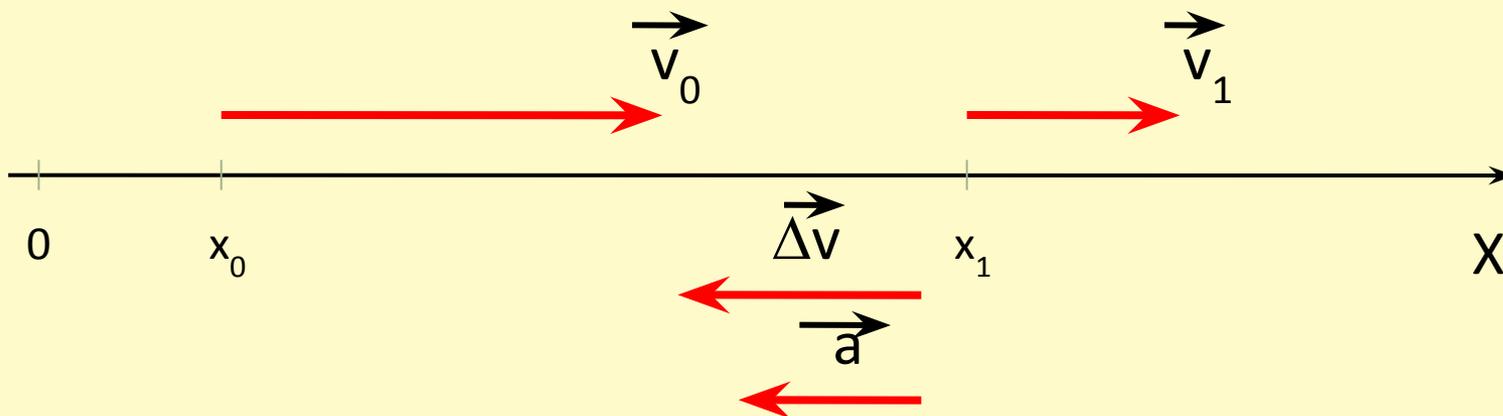
Случай 1



Скорость тела увеличивается:

$$v_1 > v_0; \quad \Delta v \uparrow\uparrow v_0; \quad a \uparrow\uparrow \Delta v \uparrow\uparrow v_0.$$

Случай 2



Скорость тела уменьшается:

$$v_1 < v_0; \quad \Delta v \downarrow \uparrow v_0; \quad a \uparrow \uparrow \Delta v; \quad a \downarrow \uparrow v_0.$$

Уравнение скорости при равноускоренном движении

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

График скорости при равноускоренном прямолинейном движении

- Случай 1

$$\begin{array}{c} \boxtimes \\ a \end{array} \uparrow \uparrow \begin{array}{c} \boxtimes \\ v_0 \end{array}$$

- Скорость тела увеличивается:

$$v_x(t > 0) > v_{0x};$$

$$\begin{array}{c} \boxtimes \\ \Delta v \end{array} \uparrow \uparrow \begin{array}{c} \boxtimes \\ v_0 \end{array};$$

$$\begin{array}{c} \boxtimes \\ a \end{array} \uparrow \uparrow \begin{array}{c} \boxtimes \\ v_0 \end{array}.$$

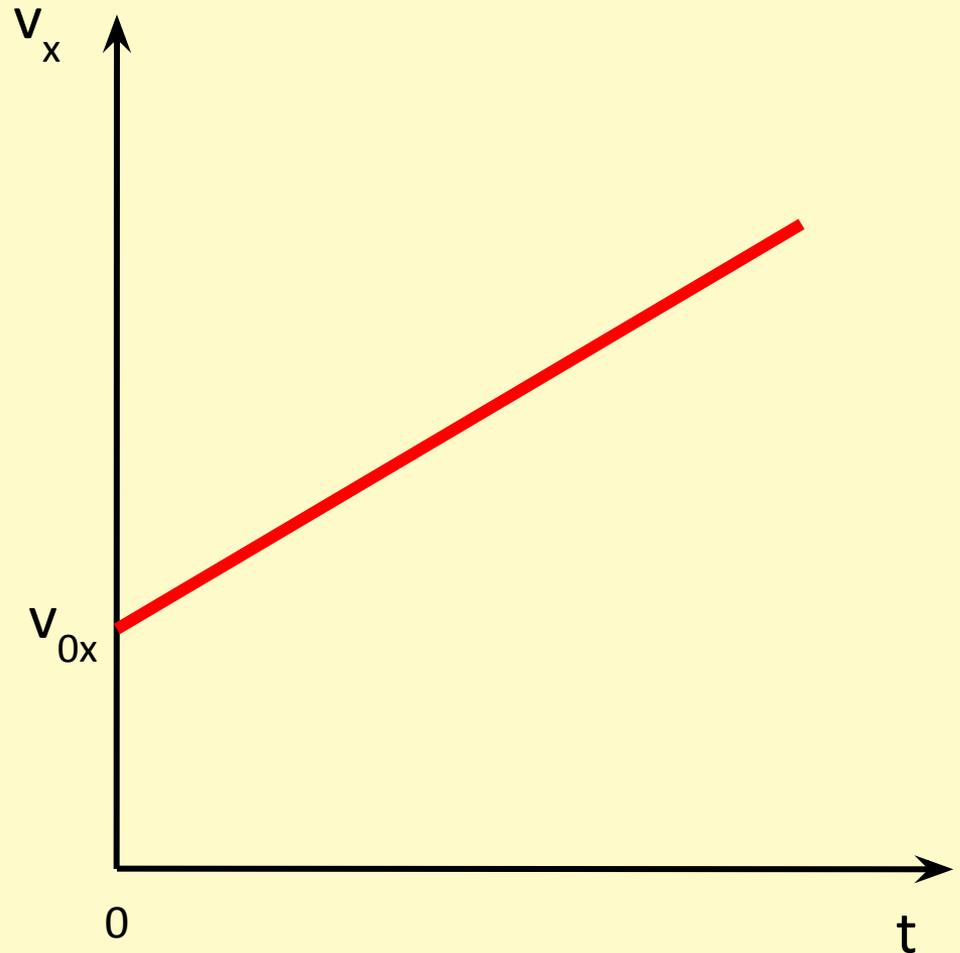


График скорости при равноускоренном прямолинейном движении

- Случай 2

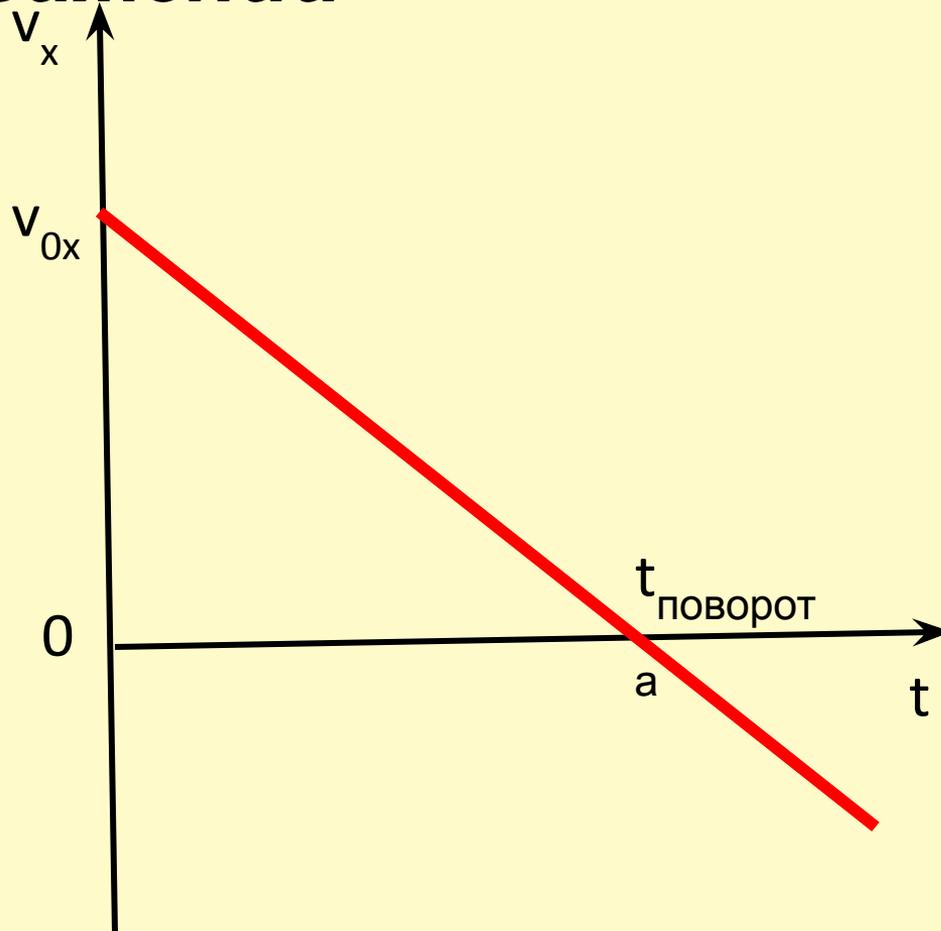
$$\boxed{a} \downarrow \uparrow \boxed{v_0}$$

- Скорость тела уменьшается:

$$v_x(t > 0) < v_{0x};$$

$$\boxed{\Delta v} \downarrow \uparrow \boxed{v_0};$$

$$\boxed{a} \downarrow \uparrow \boxed{v_0}.$$



Перемещение при прямолинейном равноускоренном движении

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

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

Координата тела при прямолинейном равноускоренном движении

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2};$$

$x(t) \sim t^2$, график - парабола.

$$s_x = x - x_0 = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2};$$

$s_x(t) \sim t^2$, график - парабола.

Средняя скорость тела при равноускоренном движении

1. При движении в одном направлении:

$$l = s_x, \quad \boxed{s} \uparrow \uparrow \overrightarrow{OX}$$

2.

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2};$$

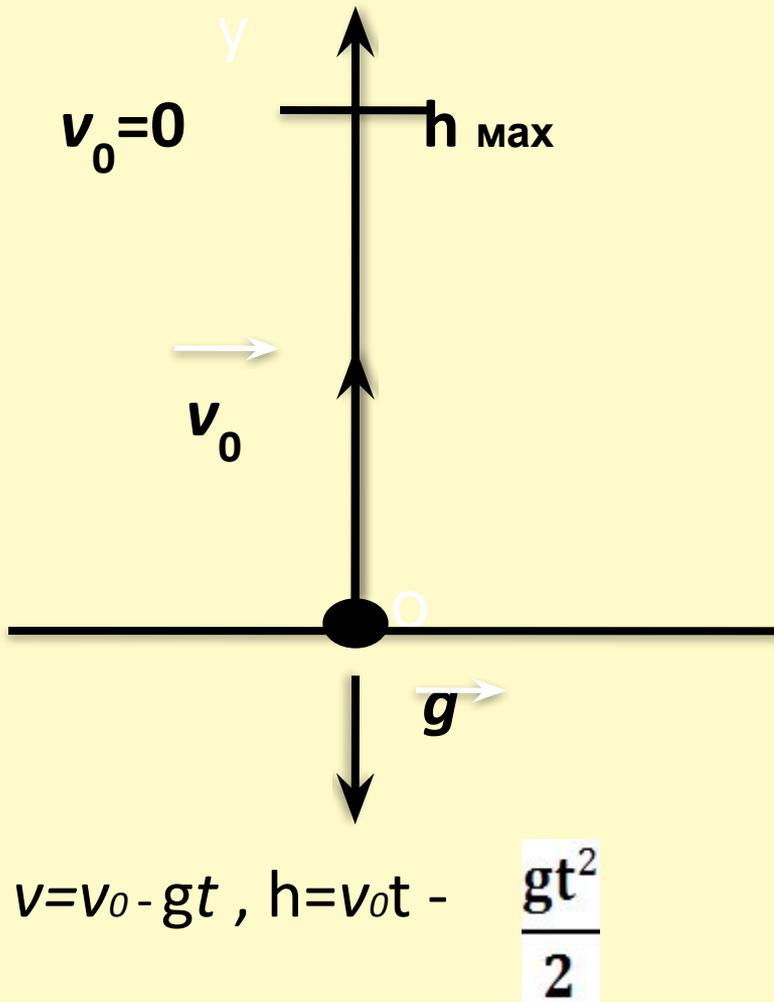
$$s_x = \frac{2v_{0x}t + a_x t^2}{2};$$

$$s_x = \frac{1}{2}[v_{0x}t + (v_{0x} + a_x t)t] = \frac{1}{2}[v_{0x} + v_x]t,$$

$$v_{cp} = \frac{l}{t} = \frac{s_x}{t} = \frac{v_{0x} + v_x}{2}.$$

Движение тела,
брошенного вертикально
вверх

Движение тела, брошенного вертикально вверх



h_{max} – максимальная высота подъема тела

t_1 – время подъема тела

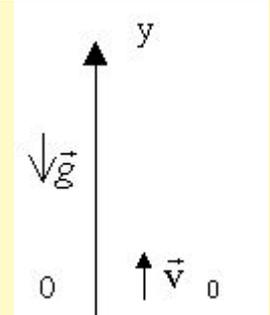
v_0 – начальная скорость тела

v – мгновенная скорость

h – высота в момент времени t

$$h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

Тело брошено вертикально вверх $g_y < 0$		Скорость	$v = v_0 - gt$
		Перемещение	$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
		Координата	$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

Понятие об абсолютно твердом теле

Абсолютно твердое тело – система материальных точек, в которой расстояния между любыми точками не изменяются при воздействии любых сил.

Задачи кинематики твердого тела:

- 1) задание движения и определение кинематических характеристик тела в целом;
- 2) определение кинематических характеристик движения отдельных точек тела.

- Различают пять видов движения твердого тела:
- 1) поступательное;
- 2) вращательное;
- 3) плоское;
- 4) сферическое;
- 5) свободное.

- Поступательное и вращательное движения являются простейшими. Все остальные движения складываются из простейших в разных сочетаниях и в этом смысле являются сложными движениями.
- Поступательным движением твердого тела называется такое движение, при котором любая прямая, соединяющая две точки тела, движется параллельно самой себе.
- Поступательное движение твердого тела – это не обязательно прямолинейное движение. Это может быть движение тела по любой траектории. Траектории всех точек тела при поступательном движении совпадают при наложении. Изучение поступательного движения сводится, таким образом, к изучению движения одной его точки, например, центра тяжести. Часто при поступательном движении твердого тела его принимают за материальную точку.

Плоское движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости

Определение 1. Плоскопараллельным (или плоским) движением абсолютно твердого тела называется такое движение, при котором каждая точка тела движется в плоскости, параллельной некоторой неподвижной плоскости.

Определение 2. Плоскопараллельным (или плоским) движением абсолютно твердого тела называется такое движение, при котором любая прямая, проведенная в теле перпендикулярно неподвижной плоскости, будет оставаться перпендикулярной этой плоскости.

В самом общем случае движение твердого тела может считаться свободным, если оно может перемещаться каким угодно образом по отношению к неподвижной системе отсчета. Свободное тело имеет 6 степеней свободы: 3 поступательных и 3 вращения. Рассматривают такое движение как поступательное вместе с определенной точкой вращения и вращательное вокруг некоторой точки, как неподвижной.

Точка совершает относительное движение в некоторой системе координат по некоторой траектории. Если эта система координат движется по отношению к неподвижной системе отсчета, то в любой момент времени точка вынуждена совершать движение вместе с некоторой точкой этой подвижной системы отсчета.

Сложным движением точки называется абсолютное движение, составленное из относительного и переносного движений. По отношению к подвижной системе координат движение точки будет относительным, движение подвижной системы координат по отношению к неподвижной – переносным. Для обозначения относительного движения используются индексы «отн» или «r», для обозначения переносного движения «пер» или «e».

Теорема. Абсолютная скорость точки в сложном движении равна геометрической сумме векторов относительной и переносной скоростей

$$\bar{v}_a = \bar{v}_r + \bar{v}_e.$$

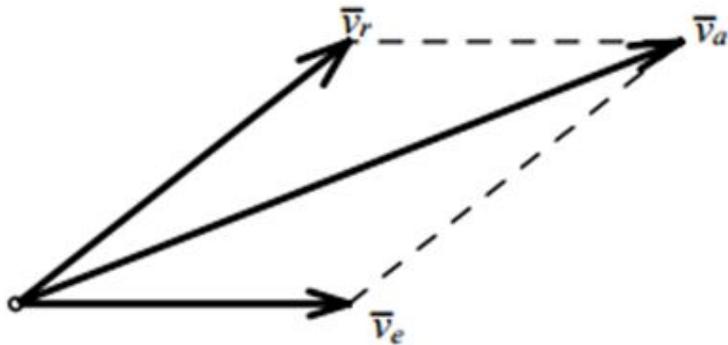


Рисунок 1

Модуль абсолютной скорости в общем случае (рисунок 1) может быть определен по теореме косинусов

$$v_a = \sqrt{v_r^2 + v_e^2 + 2v_r v_e \cos(\widehat{\bar{v}_r, \bar{v}_e})}.$$

Если вектора относительной и переносной скоростей коллинеарны, их модули складывают $v_a = v_r + v_e$ или вычитают $v_a = v_r - v_e$.

Если тело совершает относительное движение в некоторой системе координат, которая движется по отношению к неподвижной системе отсчета, то результирующее движение тела называют сложным.

Задачей кинематики в этом случае является нахождение зависимости между характеристиками относительного, переносного и абсолютного движений.

СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

СЛОЖЕНИЕ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ

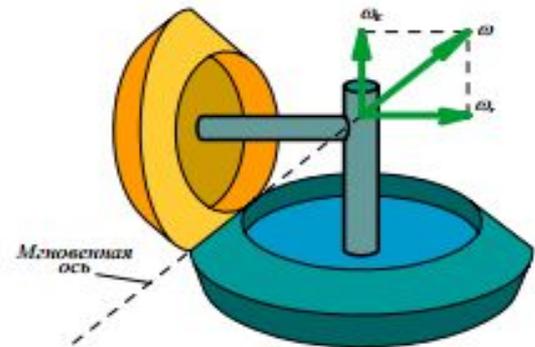
Производится по правилам сложения векторов

1. Вращение вокруг пересекающихся осей

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_r + \vec{\omega}_e$$

Мгновенная ось абсолютного вращения

лежит на диагонали параллелограмма, построенного на векторах относительной и переносной угловых скоростей.



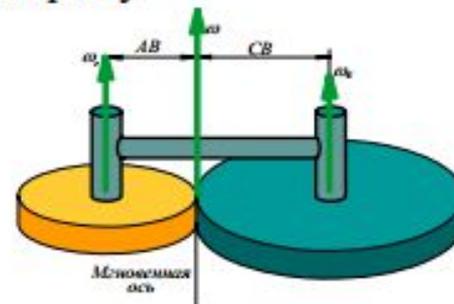
2. Вращение вокруг параллельных осей

А. В одну сторону

$$\omega = \omega_r + \omega_e$$

$$\frac{AC}{BC} = \frac{\omega_e}{\omega_r}$$

Точка C делит расстояние AB внутренним образом

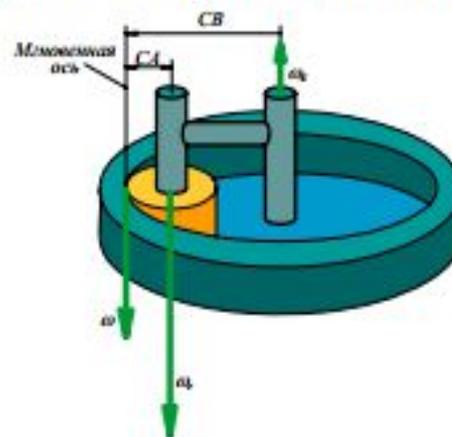


Б. В разные стороны с численно не равными угловыми скоростями

$$\omega = \omega_r - \omega_e$$

$$\frac{AC}{BC} = \frac{\omega_e}{\omega_r}$$

Точка C делит расстояние AB внешним образом

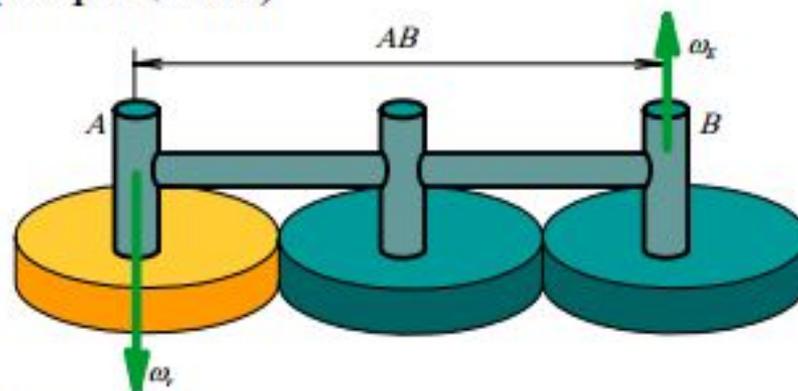


В. В разные стороны с численно равными угловыми скоростями (пара вращений)

$$\omega = \omega_r - \omega_e = 0$$

Все точки тела имеют одинаковые скорости, равные моменту пары угловых скоростей

$$\vec{v} = \vec{\omega}_r \times \overline{AB}$$



Рисунок

