+ ×

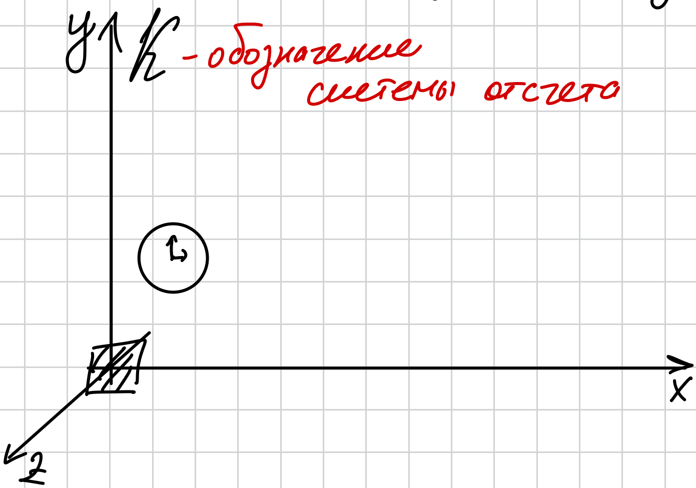
− ÷

§1. Основные понятия

Мы хотим научиться описывать движение тел $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ нужно уметь задавать положение отн. других тел в любой момент времени

Опр 1: Система отсчета – тело отсчета, относительно которого рассматривается движение тел, связанная с ним система координат и измеряющие время часы



Зачастую реальное движение тел достаточно сложно для математического описания, поэтому при изучении движения необходимо пренебрегать несущественными деталями ⇒ так в физике появляются идеализированные модели, которые помогают понять суть происходящего и имеют границы применимости

Рассмотрим 2 самые важные для механики модели

Опр 2: Материальная точка - это тело, геометрическими размерами которого можно пренебречь и считать, что вся масса тела сосредоточена в геометрической точке

Опр 3: Абсолютно твердое тело - система, состоящая из совокупности материальных точек, расстояние м/у которыми можно считать неизменным

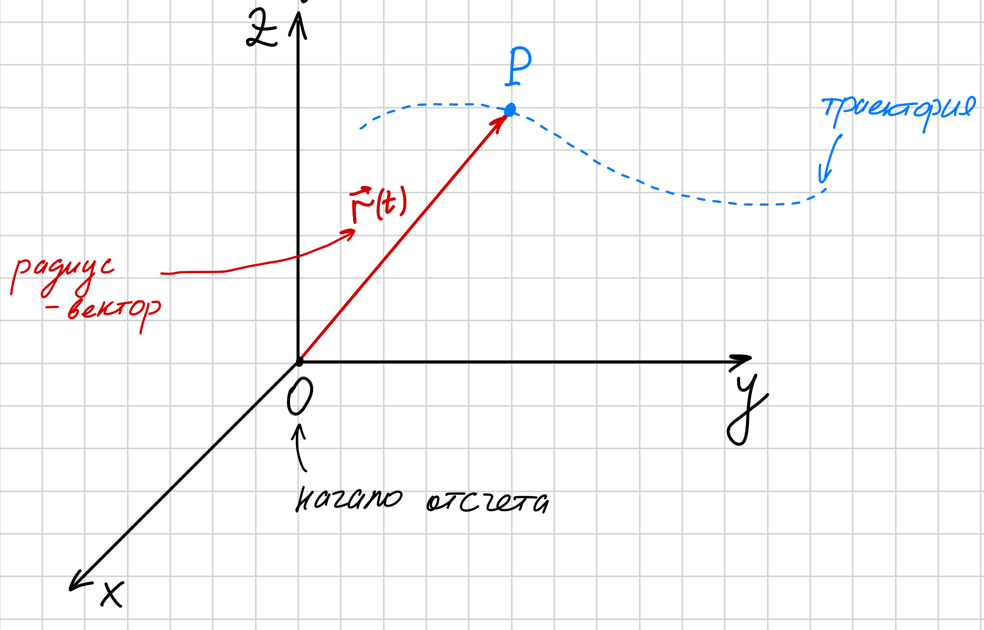
Замечание: Любое движение можно разложить на поступательное + вращательное. Для описания поступательного обычно используют мат. точку. Для вращения - АТТ

§2. Описание движения

Далее будем рассматривать мат. точку. Рассмотрим способы описания ее движения в пространстве

1. Векторный способ

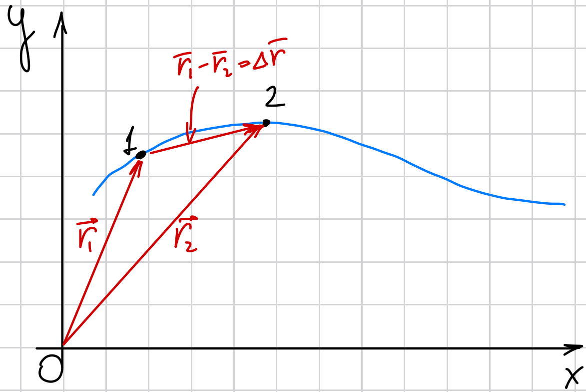
Пусть имеется неподвижная система отсчета (ее обычно называют лабораторной – ЛСО), относительно которой мы следим за материальной точкой



В процессе движения $\vec{r}(t)$ изменяется как по модулю, так и по направлению

Опр 4: Геометрическое место концов вектора $\vec{r}(t)$ называется траекторией

Пусть тело переместилось из точки 1 в 2:



Опр 5: $\Delta\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$ – вектор, соед. начальную и конечную точки, называется перемещением

Опр 6: Пусть $\Delta\vec{r}$ – перемещение тела за Δt, тогда $\vec{v}_{cp} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ – средний вектор скорости

Если же теперь взять очень маленький отрезок времени Δt: точки 1 и 2 – почти совпадут $\Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta\vec{r}$ – будет идти по касательной к траектории и можно определить мгновенную скорость

Опр 7: $\vec{v} = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$, где $\Delta t \to 0$ – мгновенная скорость

Направлена по касательной к траектории!

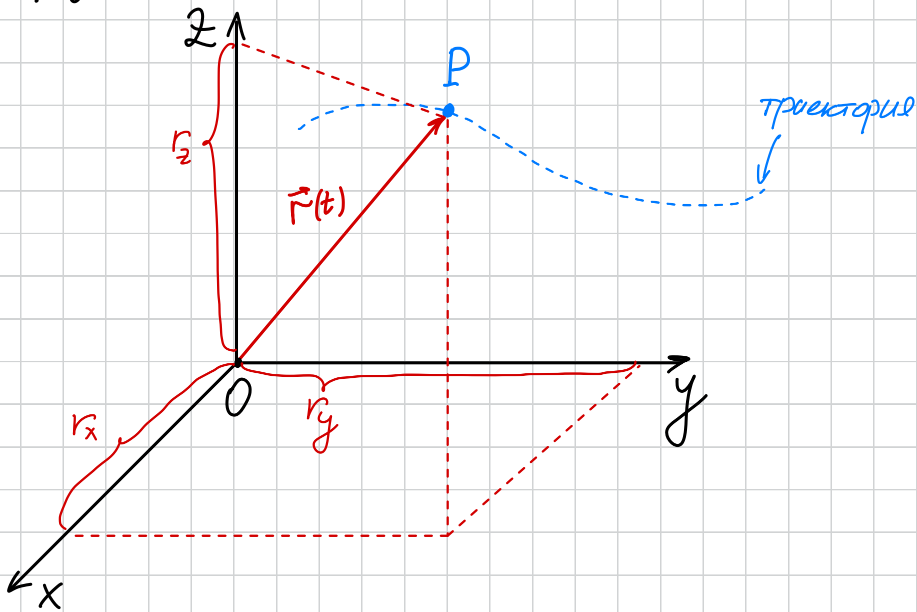
Аналогично можно задать параметр, который будет характеризовать скорость изменения вектора скорости – ускорение

Опр 8: $\vec{a} = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$, $\Delta t \to 0$ – ускорение

Замечание: Если $\vec{v} = const$, т.е. !вектор! скорости не меняется (т.е. не мен. длина и направление), то $\vec{a} = 0$

Важно: В СИ: $r(t)$ [м], $v(t)$ [м/с], $a(t)$ [м/с^2]

2. Координатный способ



Вектор $\vec{r}(t)$ можно спроецировать на систему координат

Одной из самых удобных является прямоугольная или Декартова система координаты

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} r_x(t) \\ r_y(t) \\ r_z(t) \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

При этом вектор скорости и ускорения также проецируются, причем

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \quad a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t},$$
$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t}, \quad a_y = \frac{\Delta v_y}{\Delta t}, \quad \Delta t \to 0$$
$$\vdots$$

Причем зная $x(t), y(t), z(t)$ легко восстановить векторы $\vec{r}(t), \vec{v}(t), \vec{a}(t)$ (т.е. их направление и длину)

Например, в двумерном случае

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

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{v_y}{v_x}$$ – угол наклона вектора $\vec{v}$

Важно: Необходимо отличать пройденный путь и перемещение (и средние скорости)

Пусть автобус за 8 часов проехал свой маршрут – 72 км и вернулся на стоянку, тогда

$\Delta S = 72$ км – пройденный путь

$\Delta\vec{r} = 0$ – перемещение (т.к. вернулись в ту же точку)

$v_{ср} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = 9\ \frac{км}{2}$ – средняя путевая скорость

$\vec{v}_{ср} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = 0$

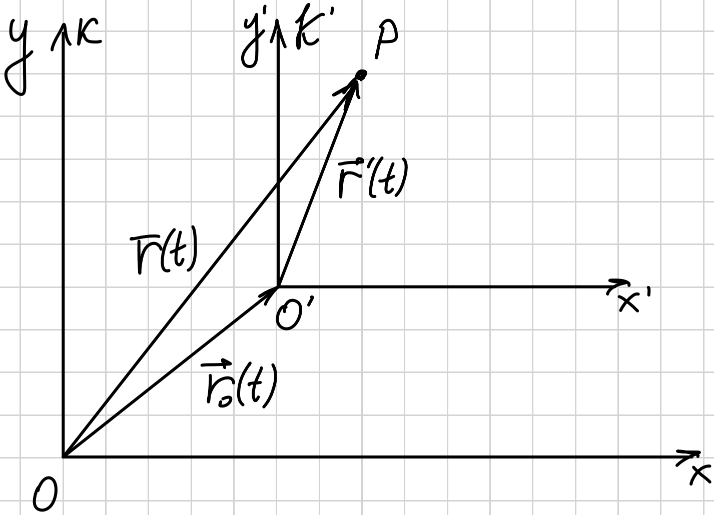
Зафиксируем

Опр 9: Пройденный путь – общая длина траектории тела за фиксированное время – ΔS

$v_{ср} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ – средняя путевая скорость

§3. Переход в другую С.О.

Пусть есть 2 системы отсчета K - ИСО, K' - движется по отношению к K:



Пусть за малое время Δt тело переместилось относительно K' на $\Delta\vec{r}'$, отн K - $\Delta\vec{r}$, а система K' отн K - на $\Delta\vec{r}_0$, тогда:

$$\begin{cases} \vec{r}(t) = \vec{r}_0(t) + \vec{r}'(t) \\ \vec{r}(t) + \Delta\vec{r}(t) = \vec{r}_0(t) + \Delta\vec{r}_0(t) + \vec{r}'(t) + \Delta\vec{r}'(t) \end{cases}$$

- начальное положение

конечное

$\Rightarrow \Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}_0 + \Delta\vec{r}'$ - поделим на Δt

$$\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}_0}{\Delta t} + \frac{\Delta \vec{r}\,'}{\Delta t}$$

При $\Delta t \to 0$:

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}\,'}$$ – Закон сложения скоростей Галилея

$\vec{v}$ – Абсолютная скорость (скорость точки отн НСО)

$\vec{v}_0$ – Переносная скорость (скорость подвижной С.О отн. НСО)

$\vec{v}\,'$ – Относительная скорость (скорость точки отн подвижной С.О.)

Аналогичное верно для ускорений

$$\boxed{\vec{a}_{\text{Абс}} = \vec{a}_{\text{пер}} + \vec{a}_{\text{отн}}}$$