

# **Механика**

**Механика** — наука о механическом движении материальных тел и происходящих при этом взаимодействиях между ними.

**Кинематика** — раздел механики, в котором изучаются способы описания движений и связь между величинами, характеризующими эти движения. Кинематика изучает движения тел без учета причин, их вызывающих.

**Динамика** — раздел механики, посвященный изучению движения материальных тел под действием приложенных к ним сил.

# КИНЕМАТИКА

# Механическое движение

**Материальная точка** — тело, обладающее массой размерами которого в данной задаче можно пренебречь.

**Абсолютно твердое тело** — система материальных точек, расстояние между которыми с течением времени не изменяется.

**Однородность времени** — равноправие всех моментов времени.

**Тело отсчета** — произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки.

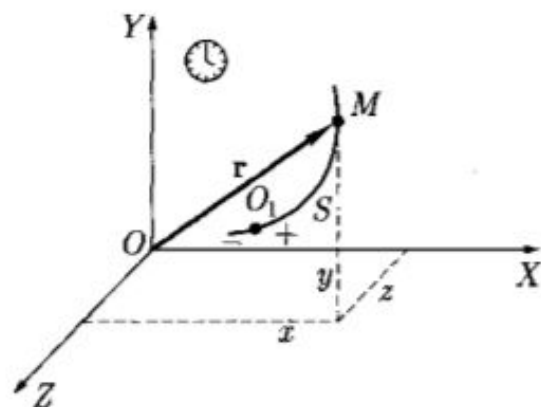


Рис. 1.1

Положение движущейся материальной точки в данный момент времени можно определить, если выбрана система отсчета.

**Система отсчета** — совокупность тела отсчета, связанных с ним системы координат и часов.

Механическое движение происходит во времени, поэтому система отсчета должна иметь часы, отсчитывающие промежутки времени от произвольно выбираемого начального момента времени (рис. 1.1).

На рис. 1.1 тело отсчета  $O$  находится в начале координат. При описании движения наиболее употребительна прямоугольная, или декартова, система координат. Положение материальной точки  $M$  в декартовой системе координат определяется тремя координатами:  $x$ ,  $y$ ,  $z$  или радиусом-вектором  $\mathbf{r}$ .

Радиус-вектор  $\mathbf{r}$  — вектор, проведенный из начала системы координат в данную точку. Длина радиуса-вектора  $\mathbf{r}$ , т. е. его модуль  $|\mathbf{r}| = r$ , определяет расстояние, на котором точка  $M$  находится от начала координат, а стрелка указывает направление на эту точку.

При движении материальной точки  $M$  конец радиуса-вектора  $\mathbf{r}$  описывает в пространстве некоторую линию — траекторию.

**Траектория** (от лат. *trajectorius* — относящийся к перемещению) — непрерывная линия, которую описывает точка при своем движении.

**Виды движения.** По форме траектории механическое движение классифицируют на прямолинейное и криволинейное.

**Прямолинейное движение** — это движение, траекторией которого в выбранной системе отсчета является прямая линия.

**Криволинейное движение** — это движение, траекторией которого в выбранной системе отсчета — некоторая кривая линия.

**Поступательное движение** — это такое движение твердого тела, при котором прямая, соединяющая две любые точки тела, перемещается, оставаясь параллельной своему начальному положению (рис. 1.3).

При поступательном движении твердого тела все точки тела описывают одинаковые траектории. Движение тела задается и изучается так же, как и движение одной точки. Поступательно движется ящик письменного стола, вагоны электропосзда, кабины «колеса обозрения».

**Вращательное движение вокруг неподвижной оси** — это такое движение твердого тела, при котором все его точки описывают окружности, центры которых лежат на одной неподвижной прямой — оси вращения, перпендикулярной плоскостям этих окружностей.

Примерами вращательного движения могут быть: вращение колес велосипеда, пропеллеров самолета, валов двигателей и генераторов.

При вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси  $OO'$  его положение определяется углом поворота  $\varphi$  (рис. 1.4).

1. Механическим движением называют изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени. Существуют различные виды механического движения. Если все точки тела движутся одинаково и любая прямая, проведённая в теле, при его движении остаётся параллельной самой себе, то такое движение называется **поступательным** (рис. 1)

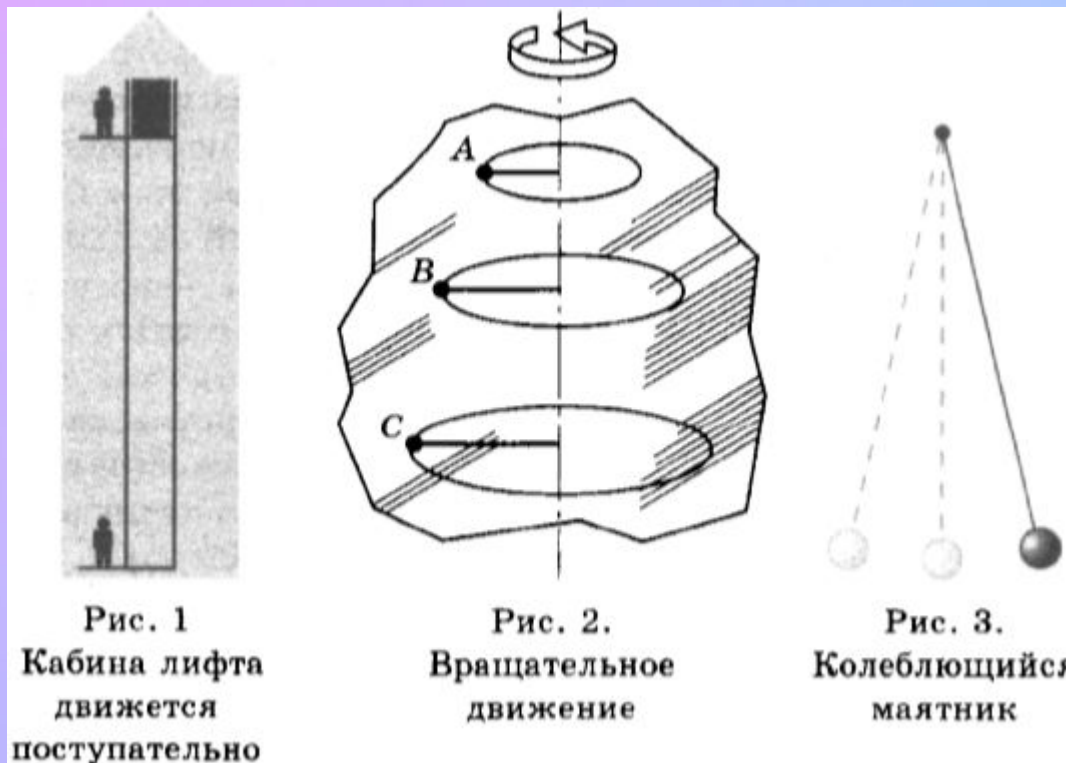


Рис. 1  
Кабина лифта  
движется  
поступательно

Рис. 2.  
Вращательное  
движение

Рис. 3.  
Колеблющийся  
маятник

Точки вращающегося колеса описывают окружности относительно оси этого колеса. Колесо как целое и все его точки совершают **вращательное** движение (рис. 2).

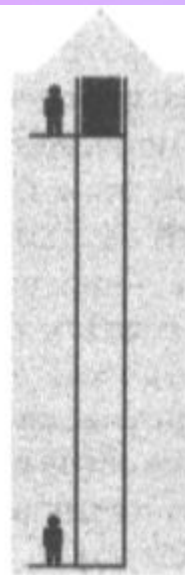


Рис. 1  
Кабина лифта  
движется  
поступательно

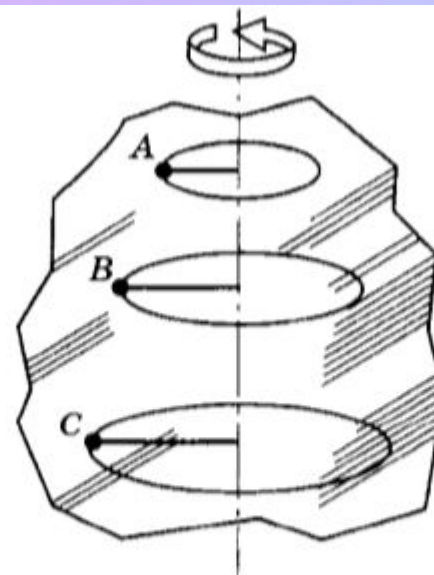


Рис. 2.  
Вращательное  
движение

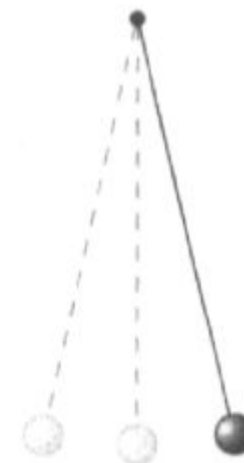


Рис. 3.  
Колеблющийся  
маятник



Если тело, например шарик, подвешенный на нити, отклоняется от вертикального положения то в одну, то в другую сторону, то его движение является **колебательным** (рис. 3).

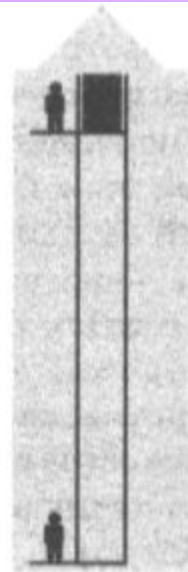


Рис. 1  
Кабина лифта  
движется  
поступательно

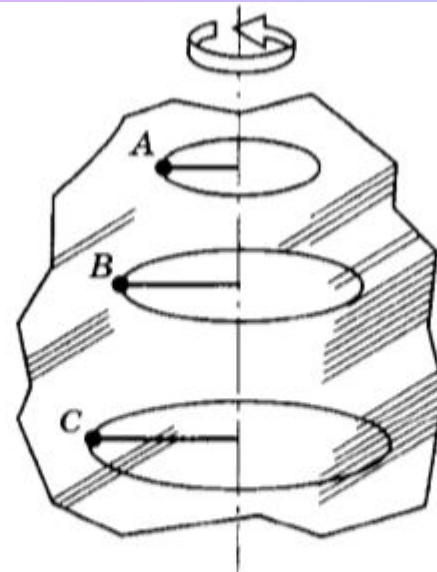


Рис. 2.  
Вращательное  
движение

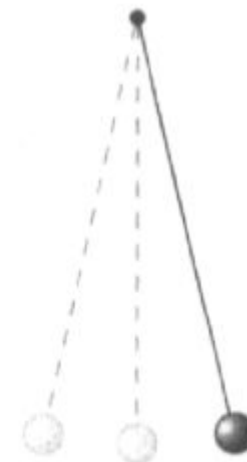


Рис. 3.  
Колеблющийся  
маятник

**Перемещение. Путь**

# Перемещени

е

**Перемещение**  
 $S \rightarrow$  – вектор,  
проведенный  
из начальной в  
конечную  
точку  
движения.

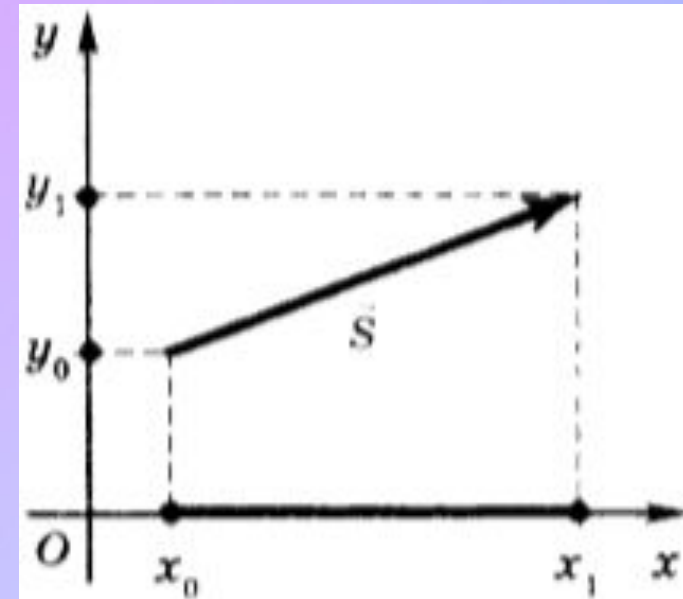
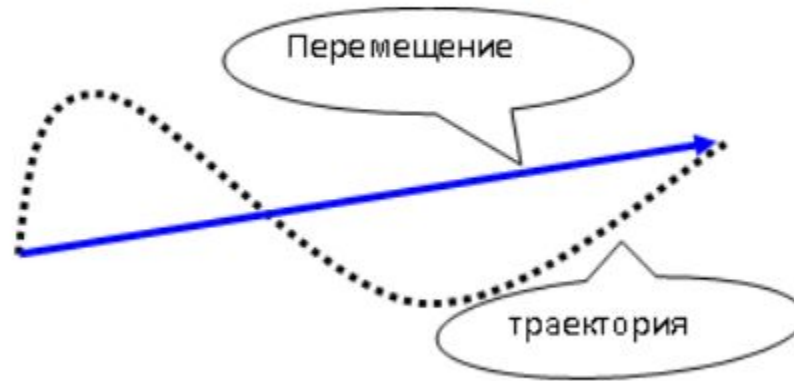


Рис. 10. Вектор перемещения в системе координат  $XOY$

# Перемещени

e

В СИ единица измерения модуля вектора перемещения – метр:  $[S] = \text{м}$ .



## Перемещени

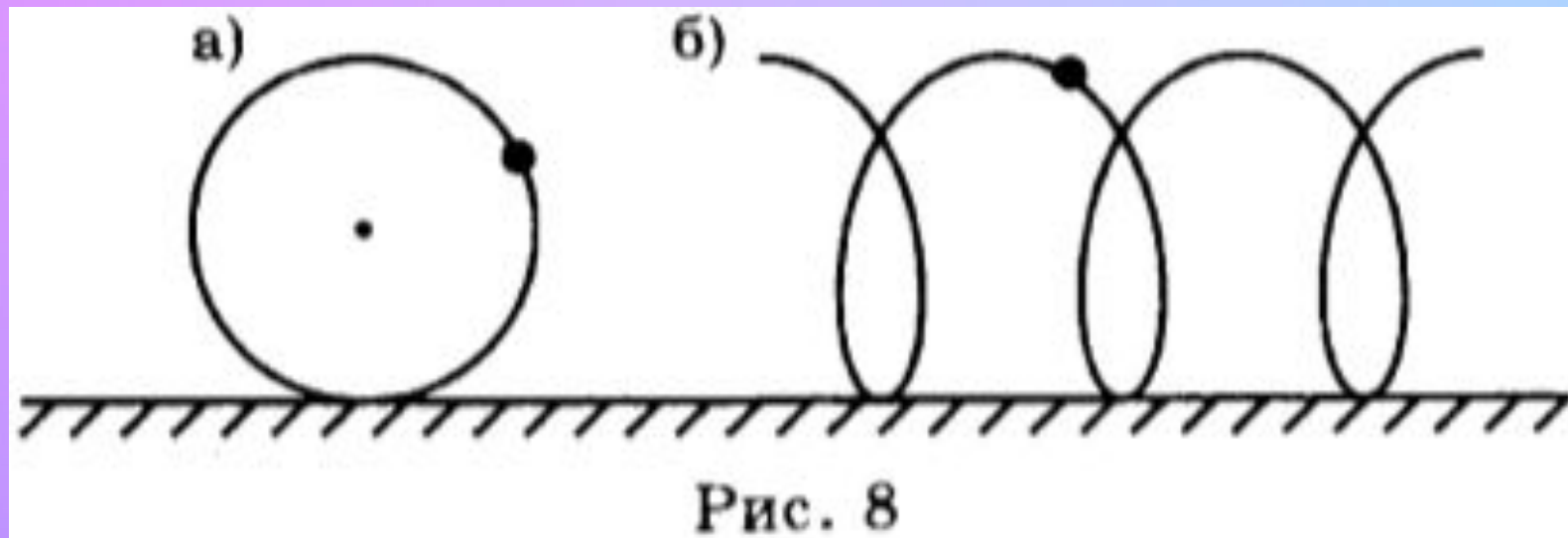
е

При перемещении тело последовательно проходит точки пространства, соединив которые, можно получить линию. Эта линия, вдоль которой движется тело, называется траекторией. Траектория может быть видимой или невидимой. Видимую траекторию описывают трамвай при движении по рельсам, лыжник, скользя по лыжне, мел, которым пишут на доске. Траектория летящего самолёта в большинстве случаев невидима, невидимой является траектория ползущего насекомого.

## Перемещени

е

Траектория движения тела относительно: её форма зависит от выбора системы отсчёта. Так, траекторией точек обода колеса велосипеда, движущегося по прямой дороге, относительно оси колеса является окружность, а относительно Земли — винтовая линия (рис. 8 а, б).



## Путь

Одной из характеристик механического движения является путь, пройденный телом.

Путём называют физическую величину, равную расстоянию, пройденному телом вдоль траектории.

# Путь

ь

Если известны траектория тела, его начальное положение и пройденный им путь за время  $t$ , то можно найти положение тела в момент времени  $t$ . (рис. 9)

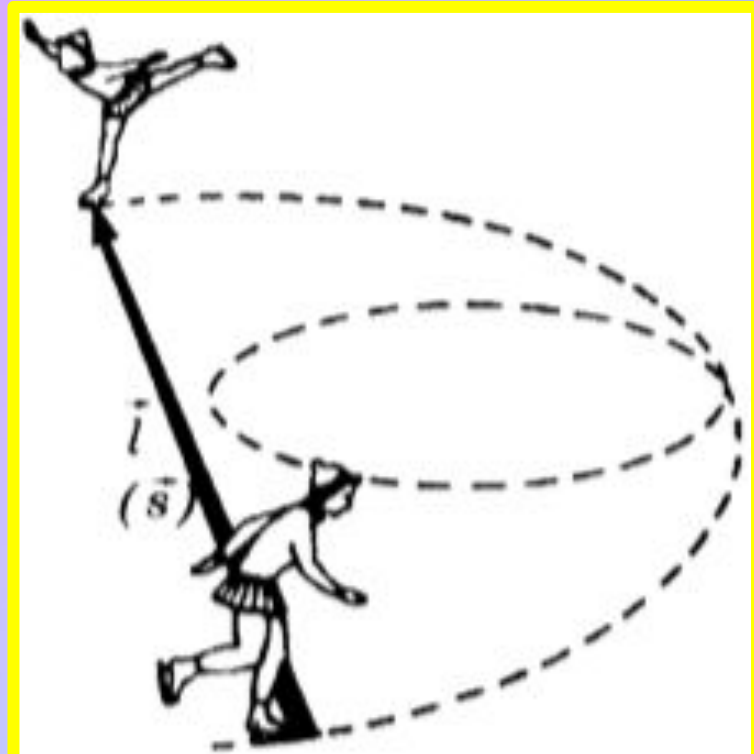


Рис. 9. Криволинейная траектория



# Путь

ь

Путь обозначают буквой  $l$  (иногда  $S$ ), основная единица пути 1 м:  $[l] = 1$  м. Кратная единица пути — километр ( $1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$ ); дольные единицы — дециметр ( $1 \text{ дм} = 0,1 \text{ м}$ ), сантиметр ( $1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$ ) и миллиметр ( $1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$ ).

Путь — величина относительная, значение пути зависит от выбора системы отсчёта. Так, путь пассажира, переходящего из конца движущегося автобуса к его передней двери, равен длине автобуса в системе отсчёта, связанной с автобусом. В системе отсчёта, связанной с Землёй, он равен сумме длины автобуса и пути, который проехал автобус относительно Земли.

**Скорость. Средняя скорость.**

# Скорос ТЬ

## 1.3. Скорость

**Вектор скорости.** Скорость — одна из основных кинематических характеристик движения точки. Обозначается скорость латинской буквой  $v$  — первая буква латинского слова *velocitas* — скорость<sup>1</sup>.

**Скорость** — векторная величина, характеризующая направление движения тела и быстроту его перемещения.

Рассматривая движение какого-либо тела, например автомобиля, самолета, космического корабля, нам известно, что скорость движения самолета больше, чем скорость автомобиля, но меньше, чем скорость космического корабля. На транспортных средствах обычно устанавливают прибор, который показывает модуль или числовое значение скорости его движения — спидометр.

**Скорость изображают направленным отрезком прямой, длина которого в выбранном масштабе характеризует модуль скорости (рис. 1.11).**

**Средняя скалярная скорость.** Определить, какое из тел движется быстрее, можно, например, такими способами:

- вычислить путь, который проходят движущиеся тела за один и тот же промежуток времени. Чем больше этот путь, тем быстрее движется тело и тем больше его скорость;
- вычислить время, за которое тела проходят одинаковые пути. Чем меньше это время, тем быстрее движется тело и тем больше его скорость.

Таким образом, скорость пропорциональна пути и обратно пропорциональна времени движения

$$v_s = \frac{\Delta S}{\Delta t}. \quad (1.8)$$

# Скорос ть

**Скорость** - это векторная величина, всегда направленная по касательной к траектории движения в каждой её точке.

**Средняя скорость** - отношение всего пройденного пути к затраченному на это движение времени.

# Скорос

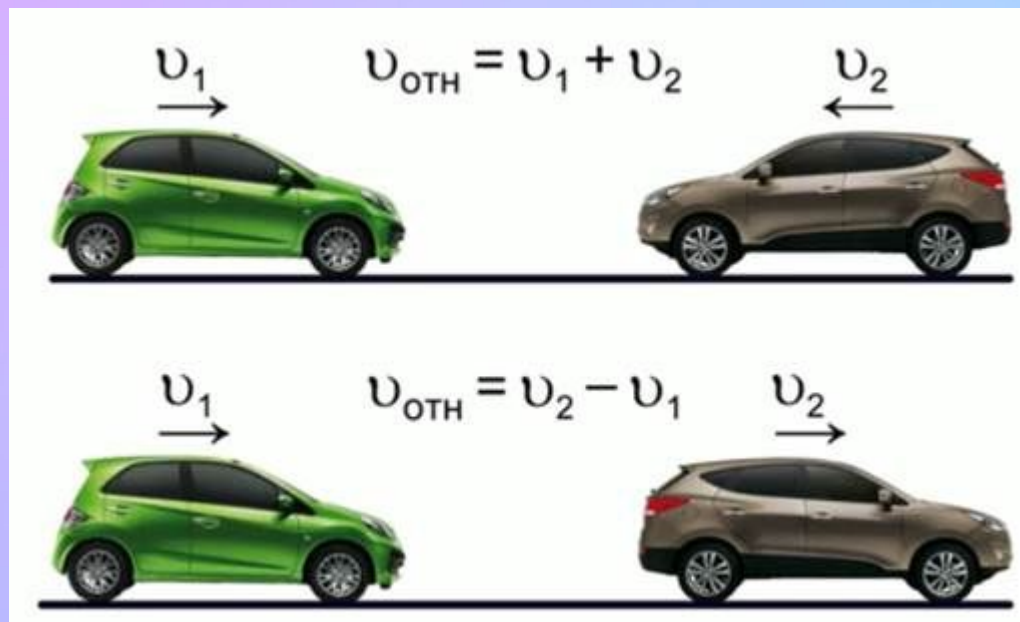
ТЬ

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{общ}}}{t_{\text{общ}}}$$

где  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость;  $S_{\text{общ}}$  – весь пройденный путь;  $t_{\text{общ}}$  – всё затраченное время.

## Скорос

Понятием относительной скорости пользуются в том случае, когда рассматривают движение одного тела по отношению к другому телу. Например, движутся два автомобиля навстречу друг другу, их относительная скорость будет равна сумме скоростей (см. Рис. 1). Если бы эти автомобили двигались в одном направлении, то относительная скорость была бы равна скорости второго минус скорость первого (см. Рис. 1).



# Скорос

ТЬ

В любом случае, относительная скорость равна векторной разности скоростей:

$$\vec{v}_{1,2} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

# Средняя скорость

Скорость изображают направленным отрезком прямой, длина которого в выбранном масштабе характеризует модуль скорости (рис. 1.11).

**Средняя скалярная скорость.** Определить, какое из тел движется быстрее, можно, например, такими способами:

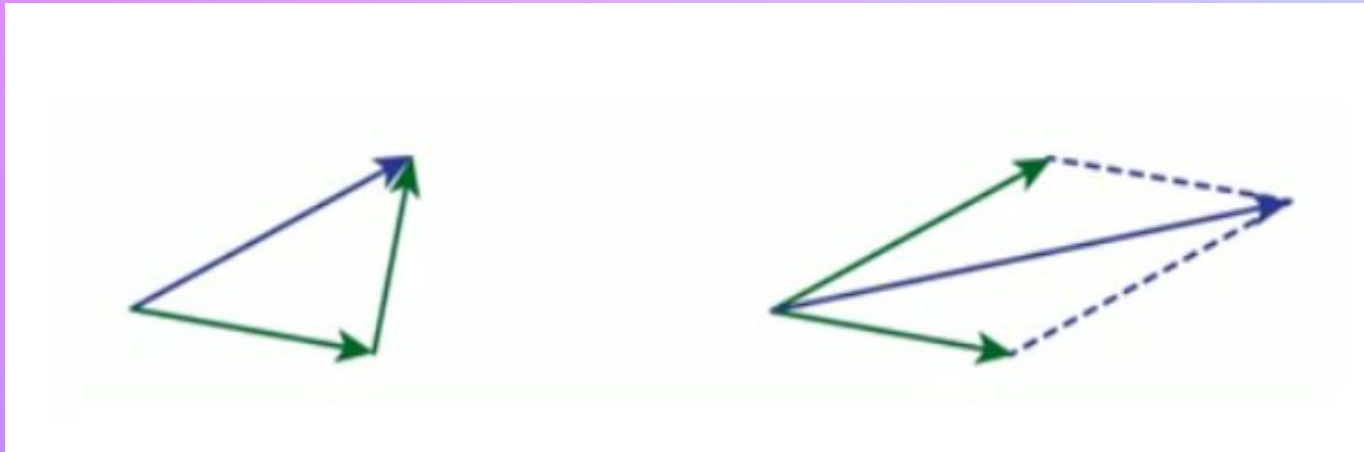
- вычислить путь, который проходят движущиеся тела за один и тот же промежуток времени. Чем больше этот путь, тем быстрее движется тело и тем больше его скорость;
- вычислить время, за которое тела проходят одинаковые пути. Чем меньше это время, тем быстрее движется тело и тем больше его скорость.

Таким образом, скорость пропорциональна пути и обратно пропорциональна времени движения



# Скорос ТЬ

Сложение перемещений и скоростей проводится по правилу сложения векторов. Векторы складываются по правилу треугольника или по правилу параллелограмма



# **Равномерное прямолинейное движение**

## Равномерное прямолинейное движение

Закон равномерного прямолинейного движения или уравнение равномерного прямолинейного движения для материальной точки - это уравнение зависимости конечной координаты движущегося тела от времени движения.

## Равномерное прямолинейное движение

$$X = X_0 + v \cdot t$$

$X$  – конечная координата,

$X_0$  - начальная координата,

$v$  – скорость тела,

$t$  – время движения тела.

## Равномерное прямолинейное движение

**Равномерное прямолинейное движение** — это движение, при котором тело перемещается с постоянной по модулю скоростью

$$v = \text{const}$$

**Равномерное движение** — движение, при котором тело перемещается с постоянной по модулю и направлению скоростью

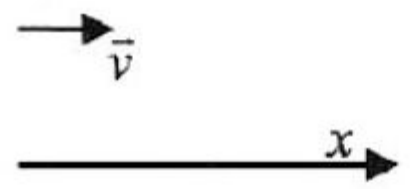
$$v = \text{const}$$

## Равномерное прямолинейное движение

При равномерном прямолинейном движении зависимость пути от времени является линейной.

# ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

**ЗАДАЧА 1.** В начальный момент времени тело находилось в точке с координатой 5 м, а через 2 мин от начала движения — в точке с координатой 95 м. Определите скорость тела и его перемещение.

<i>Дано:</i> $x_0 = 5 \text{ м}$ $x = 95 \text{ м}$ $t = 2 \text{ мин}$	СИ  120 с	 $v_x > 0; s_x > 0$	<i>Решение:</i> $x = x_0 + v_x t; \quad v_x = \frac{x - x_0}{t};$ $v_x = \frac{95 - 5}{120 \text{ с}} = 0,75 \text{ (м/с)};$ $s_x = x - x_0;$ $s_x = 95 - 5 = 90 \text{ (м)}$ <i>Ответ:</i> 0,75 м/с; 90 м
$v_x - ?$ $s_x - ?$			

**Ускорение**



# Ускорен

ие

**Ускорение** – это векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости.

Обозначение –  $a$ , единица измерения –  $\text{м/с}^2$ .

**В векторном виде:**

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t},$$

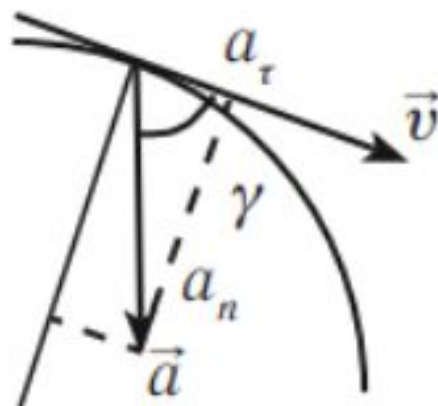
где  $v$  – конечная скорость;  $v_0$  – начальная скорость;  
 $t$  – промежуток времени, за который произошло изменение скорости.

# Ускорение

В проекциях на ось OX:

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t},$$

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau,$$



где  $a_n$  – нормальное ускорение,  $a_\tau$  – тангенциальное ускорение.

## Ускорен ие

**Тангенциальное ускорение** сонаправлено с вектором линейной скорости, а значит, направлено вдоль касательной к кривой:

$$\vec{a}_\tau \uparrow \uparrow \vec{v}.$$

**Нормальное ускорение** перпендикулярно направлению вектора линейной скорости, а значит, и касательной к кривой:

$$\vec{a}_n \perp \vec{v}.$$

# Ускорение

## Важно!

Тангенциальное ускорение характеризует быстроту изменения модуля скорости. Нормальное ускорение характеризует быстроту изменения направления скорости.

Если  $a_{\tau} \neq 0, a_n = 0$ , то тело движется по прямой;

если  $a_{\tau} = 0, a_n = 0, v \neq 0$ , то тело движется равномерно по прямой;

если  $a_{\tau} = 0, a_n \neq 0$ , тело движется равномерно по кривой;

если  $a_{\tau} = 0, a_n = \text{const}$ , то тело движется равномерно по окружности;

если  $a_{\tau} \neq 0, a_n \neq 0$ , то тело движется неравномерно по окружности.