

## Нерівномірний рух. Середня та миттєва швидкість.

**Середня векторна швидкість**  $\vec{v}_{\text{сер.}s}$  – це векторна фізична величина, яка характеризує нерівномірний рух і дорівнює відношенню переміщення  $\vec{s}$  до проміжку часу  $t$ , за який це переміщення здійснене:

$$\vec{v}_{\text{сер.}s} = \frac{\vec{s}}{t}$$

**Приклад 1.** Довільно рухаючись вздовж сторін квадрата, тіло перейшло із вершини 1 у вершину 4 за 5 с. Сторона квадрата 15 м. Знайти модуль вектора середньої швидкості переміщення.

$s=15$  м,  $t=5$  с.

$$\vec{v}_{\text{сер.}s} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{15}{5} = 3 \text{ м/с}$$

**Відповідь:** 3 м/с.

**Середня шляхова швидкість**  $v_{\text{сер}}$  – це фізична величина, що дорівнює відношенню всього шляху  $l$  до проміжку часу  $t$ , за який цей шлях пройдено:

$$v_{\text{сер.}} = \frac{l}{t}$$

Оскільки шлях не завжди дорівнює модулю переміщення, то і модуль середньої векторної швидкості не завжди дорівнює середній шляховій швидкості.

**Миттєва швидкість** – це векторна фізична величина, яка дорівнює середній векторній швидкості, виміряній за нескінченно малим проміжком часу:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

**Приклад 2.** Довільно рухаючись вздовж сторін правильного трикутника, тіло перейшло із вершини 1 через вершину 2 у вершину 3 за 10 с. Сторона трикутника 10 см. Знайти середню шляхову швидкість.

$$l=10+10=20 \text{ (см)}$$

$$v_{\text{сер.}} = \frac{20}{10} = 2 \text{ см/с} = 0,02 \text{ м/с}$$

**Відповідь:** 2 см/с=0,02 м/с.

**Приклад 3.** Турист пройшов уздовж шосе 8 км за 2 години, а потім ще 1 км протягом години по багnistій місцевості. Обчисліть середню швидкість туриста на всьому шляху.

$$l_1=8 \text{ км, } t_1=2 \text{ год}$$

$$l_2=1 \text{ км, } t_2=1 \text{ год}$$

$$v_{\text{сер.}} = \frac{l}{t} = \frac{l_1+l_2}{t_1+t_2} = \frac{8+1}{2+1} = \frac{9}{3} = 3 \text{ км/год}$$

**Відповідь:** 3 км/год.

**Приклад 4.** Потяг їхав 2 години зі швидкістю 65 км/год, а потім проїхав ще 80 км за одну годину. Обчисліть середню швидкість потяга на всьому шляху.

$$t_1=2 \text{ год, } v_1=65 \text{ км/год}$$

$$s_2=80 \text{ км, } t_2=1 \text{ год}$$

$$s_1=v_1*t_1=65*2=130 \text{ (км)}$$

$$s=130+80=210 \text{ (км)}$$

$$t=2+1=3 \text{ (год)}$$

$$v_{\text{сер.}}=210/3=70 \text{ (км/год)}$$

**Відповідь:** 70 км/год.

## Кінематика прямолінійного рівнозмінного руху.

**Прискорення** – це векторна фізична величина, яка характеризує швидкість зміни швидкості руху тіла і дорівнює відношенню зміни швидкості руху тіла до проміжку часу, за який ця зміна відбулася:

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

де  $\vec{v}_0$  – початкова швидкість руху тіла (швидкість руху тіла в момент початку відліку часу);  $\vec{v}$  – швидкість руху тіла через певний проміжок часу  $t$ ;  $\Delta\vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$  – зміна швидкості руху тіла;  $\vec{a}$  – прискорення руху тіла.

Дану формулу можна записати й у проекціях на координатну вісь  $OX$ :

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

Одиниця прискорення в СІ – метр на секунду в квадраті (метр на секунду за секунду) ( $\text{м/с}^2$ ):  $[a] = \frac{1 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

В загальному випадку за формулою  $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{t}$  можна визначити *середнє прискорення тіла*.

Найпростіший вид прискореного руху – рівноприскорений рух.

**Рівноприскорений прямолінійний рух** – це такий рух, під час якого швидкість руху тіла за будь-які рівні проміжки часу змінюється однаково:

$$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \text{const}$$

Інакше кажучи, рівноприскорений рух – це рух з постійним прискоренням. Прискорення в рівноприскореному русі показує, на скільки змінюється швидкість руху тіла за одиницю часу.

Якщо прискорення тіла дорівнює нулю, то тіло не змінює швидкості свого руху ( $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \vec{v}_0$ ), тобто рухається рівномірно прямолінійно. Це означає, що *рівномірний прямолінійний рух є окремим випадком рівноприскореного прямолінійного руху, а саме рівноприскореним рухом із нульовим прискоренням*.

З формули для обчислення прискорення легко одержати формулу для обчислення швидкості руху тіла в будь-який момент часу:

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

Для розв'язування задач можна використовувати формулу швидкості, записану в проекціях на вісь координат  $OX$  (або  $OY$ ):

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

**Приклад 5.** Автобус вирушає із зупинки з прискоренням  $2 \text{ м/с}^2$ . Через який час він розвине швидкість  $72 \text{ км/год}$ ?

$$a=2 \text{ м/с}^2, v_0=0, v=72 \text{ км/год}=\frac{72 \cdot 1000}{3600}=20 \text{ м/с}$$

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

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{20 - 0}{2} = 10 \text{ (с)}$$

**Відповідь:** 10 с.

**Приклад 6.** Залежність проекції швидкості від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням  $v_x = -2 + t$ . Чому дорівнює проекція прискорення тіла?

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

**Відповідь:**  $a_x=1 \text{ м/с}^2$

### Переміщення під час рівноприскореного руху.

Рівняння залежності вектору переміщення від часу має вигляд:

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

Рівняння залежності проекції переміщення від часу:

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

Оскільки величини  $v_{0x}$  і  $a_x$  не залежать від часу руху, то залежність  $s_x(t)$  є квадратичною.

Можна отримати іншу формулу для обчислення переміщення, до якої не входить змінна  $t$  – час руху:

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

### Координата тіла при рівноприскореному русі.

Для будь-якого виду руху проекція переміщення і координата пов'язані співвідношенням  $x = x_0 + s_x$ . Для рівноприскореного руху  $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ . Отже, рівняння координати для рівноприскореного прямолінійного руху:

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

Знаючи початкове положення тіла  $x_0$  (положення в момент часу  $t=0$ ), початкову швидкість  $\vec{v}_0$  тіла, його прискорення  $\vec{a}$  і скориставшись останньою формулою, можна визначити положення тіла в будь-який момент часу, тобто розв'язати основну задачу механіки для рівноприскореного прямолінійного руху.

Зазначимо також, що залежність  $x(t)$  є квадратичною.

**Приклад 7.** Ракета-носій стартує вгору з космодрому із прискоренням  $45 \text{ м/с}^2$ . Через який час вона перебуватиме на висоті  $45 \text{ км}$ ?

$$a=45 \text{ м/с}^2, s=45 \text{ км} = 45000 \text{ м}, v_0=0$$

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{a_x t^2}{2}, 45000 = \frac{45 t^2}{2}, t^2 = 2000, t = \sqrt{2000} = 20\sqrt{5} \approx 45 \text{ с}$$

**Відповідь:** 45 с.

**Приклад 8.** Під час екстреного гальмування автомобіль пройшов відстань до повної зупинки 100 м. З яким прискоренням рухався автомобіль під час гальмування, якщо його початкова швидкість становила 72 км/год?

$$v_0=20 \text{ м/с}, v=0, s=100 \text{ м.}$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}, \quad a_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2s_x} = \frac{0 - 20^2}{2 \cdot 100} = -2 \text{ м/с}^2$$

**Відповідь:**  $-2 \text{ м/с}^2$ .

**Домашнє завдання:** №№ 1, 3, 4, 34, 35; 10-13, 24, 36.