

## Тема 2. 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 1.** Автобус вирушає із зупинки з прискоренням  $2 \text{ м/с}^2$ . Через який час він розвине швидкість  $72 \text{ км/год}$ ?

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

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

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

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

$$a_x = 1 \text{ м/с}^2$$

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

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

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

**Приклад 4.** Під час екстреного гальмування автомобіль пройшов відстань до повної зупинки  $100 \text{ м}$ . З яким прискоренням рухався автомобіль під час гальмування, якщо його початкова швидкість становила  $72 \text{ км/год}$ ?

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

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

**Приклад 5.** Залежність координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням  $x = 2 + 4t - 1,5t^2$ . Чому дорівнює проекція початкової швидкості руху тіла та проекція прискорення?

$$v_{0x} = 4, a_x/2 = -1,5, a_x = -3$$

**Приклад 6.** Залежність координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням  $x = 3 - 2t + 2t^2$ . Якою буде залежність проекції швидкості цього тіла від часу?

$$v_x = v_{0x} + a_x t, v_{0x} = -2, a_x/2 = 2, a_x = 4. \quad v_x = -2 + 4t.$$

**Приклад 7.** Залежність координати від часу для тіла, що рухається прямолінійно, задана рівнянням  $x = -4 + 2t + t^2$ . Визначте модуль переміщення тіла за перші три секунди руху.

$$|s_x| = |x_2 - x_1| = |x(3) - x(0)|$$

$$x(3) = -4 + 2 \cdot 3 + 3^2 = -4 + 6 + 9 = 11$$

$$x(0) = -4$$

$$|s_x| = |11 - (-4)| = 15$$

**Приклад 8.** Хлопчик підкидав камінець вертикально вгору і помітив, що якщо початкову швидкість камінця підвищити у 2 рази, то максимальна висота підйому камінця зросте у... Опором повітря знехтувати.

$$h_{\max} = s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-v_0^2}{2(-g)} = \frac{v_0^2}{2g}$$

в 4 рази

**Приклад 9.** Тіло вільно падає без початкової швидкості з висоти 80 м. Який час триватиме політ?

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

$$h = \frac{gt^2}{2}, t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{10}} = 4 \text{ (с)}$$

**Приклад 10.** Автомобіль, який рухається по дорозі з постійною швидкістю 72 км/год, на ділянці довжиною 300 м прискорився до 144 км/год. Визначте прискорення автомобіля на цій ділянці. Вважайте рух автомобіля на цій ділянці рівноприскореним.

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}, a = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2s} = \frac{40^2 - 20^2}{2 \cdot 300} = \frac{1200}{600} = 2 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

**Приклад 11.** З висоти 45 м падає тіло. Визначте (в мілісекундах) час, за який тіло пролетить останній метр польоту. Вважайте, що  $g=10$  м/с<sup>2</sup>. Опором повітря знехтуйте.

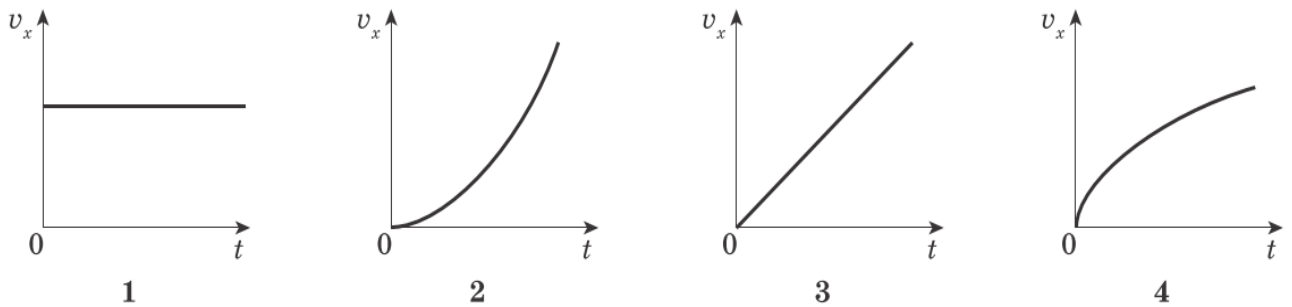
$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}, s = \frac{gt^2}{2}$$

$$1) S_1=44, 44=10t^2/2=5t^2, t_1=2,96647$$

$$2) S_2=45, 45=10t^2/2=5t^2, t_2=3$$

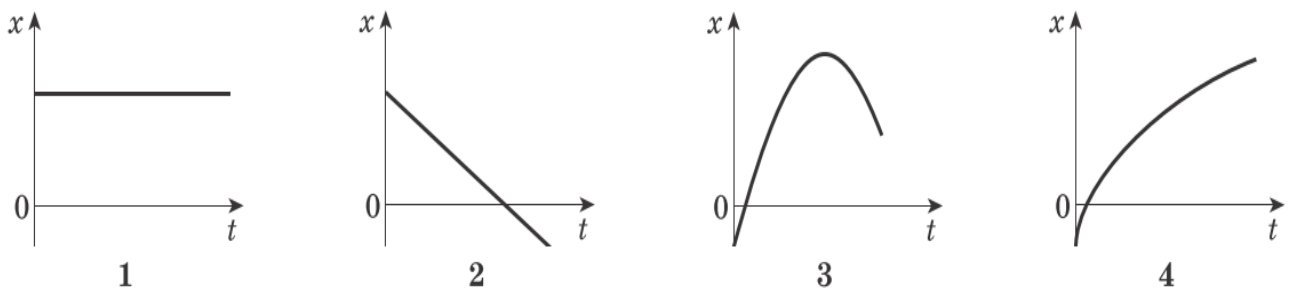
$$t=t_2-t_1=0,03353 \text{ (с)} = 34 \text{ мс}$$

**Приклад 12.** Тіло рухається прямолінійно. Установіть, який графік залежності проекції швидкості тіла від часу відповідає рівномірному руху.



**Відповідь:** 1.

**Приклад 13.** Тіло рухається прямолінійно. Установіть, який графік залежності координати тіла від часу відповідає рівноприскореному руху.



**Відповідь:** 3.

## Приклад 14.

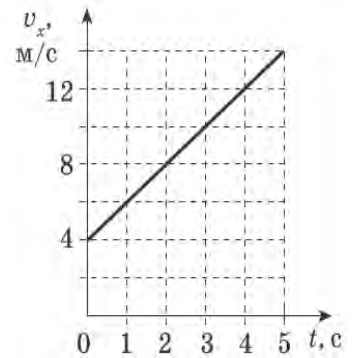
Залежність проекції швидкості руху тіла від часу задана графіком (див. рисунок). Якою буде залежність проекції переміщення цього тіла від часу?

А  $s_x = 4t + t^2$

В  $s_x = 4 + 3t$

Б  $s_x = 4t + 2t^2$

Г  $s_x = 4t + 1,5t^2$



**Відповідь:** А.

**Домашнє завдання:**

основне: 1.17, 1.18, 1.20, 1.21, 1.25, 1.28, 1.29, 1.30;

додаткове: 1.19, 1.22-1.24, 1.26, 1.27, 1.31-1.34.