

Урок 8

Тема: Рівноприскорений прямолінійний рух. Прискорення

АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ

Під час руху швидкість може змінюватися дуже стрімко (рух кулі в рушниці, старт ракети, розбіг літака) і порівняно повільно (початок руху потяга, гальмування автобуса).

- Як охарактеризувати стрімкість зміни швидкості?

ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

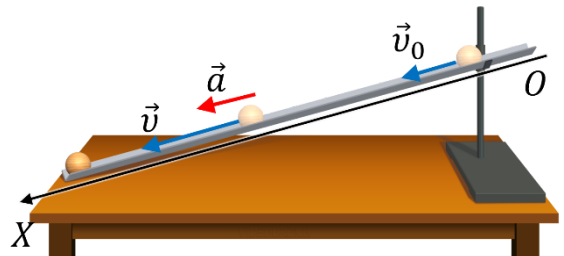
1. Рівноприскорений прямолінійний рух

Рівноприскорений прямолінійний рух – це прямолінійний рух, під час якого швидкість руху тіла за будь-які рівні інтервали часу змінюється однаково. (рух із незмінним прискоренням)

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

Прискорення \vec{a} – це векторна фізична величина, яка характеризує швидкість зміни швидкості руху тіла й дорівнює відношенню зміни швидкості руху тіла до інтервалу часу, за який ця зміна відбулася.

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



\vec{a} – прискорення руху тіла;

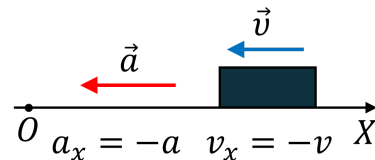
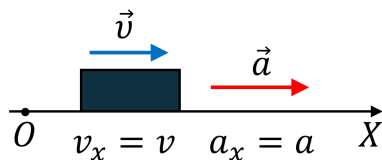
\vec{v}_0 – початкова швидкість руху тіла (в момент початку відліку часу);

\vec{v} – швидкість руху тіла через інтервал часу t .

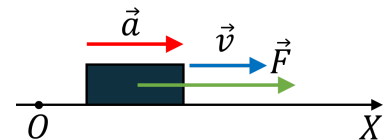
Одиниця прискорення в СІ – метр на секунду в квадраті: $[a] = \frac{1 \text{ м/с}}{\text{с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Формула, записана в проекціях на вісь координат (наприклад, на вісь OX):

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



Напрямок прискорення руху тіла збігається з напрямком рівнодійної сил, які діють на тіло.



Проблемне питання

- Як рухається тіло, якщо напрямок його прискорення: а) збігається з напрямком руху? б) протилежний напрямку руху? в) якщо прискорення тіла дорівнює нулю?

а) Якщо прискорення напрямлене в бік руху тіла, швидкість руху тіла збільшується (рівнодійна \vec{F} «підштовхує» та розганяє тіло).



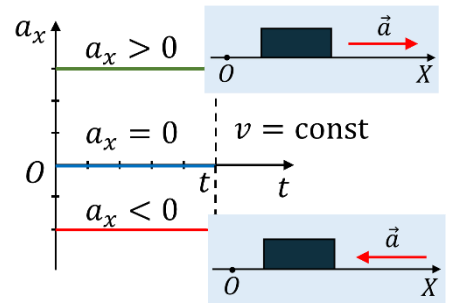
б) Якщо прискорення напрямлене протилежно до руху тіла, швидкість руху тіла зменшується (рівнодійна \vec{F} «заважає» рухові та сповільнює його).



в) Якщо прискорення дорівнює нулю, швидкість руху тіла не змінюється ані за значенням, ані за напрямком ($\frac{\vec{v}-\vec{v}_0}{t} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \vec{v}_0$), тобто тіло рухається рівномірно прямолінійно.



У разі рівноприскореного руху прискорення залишається незмінним, тому графік проекції прискорення (графік залежності $a_x(t)$) – відрізок прямої, паралельної осі часу.



2. Швидкість рівноприскореного прямолінійного руху

Проблемне питання

• Як визначити швидкість в будь-який момент часу при рівноприскореному прямолінійному русі?

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

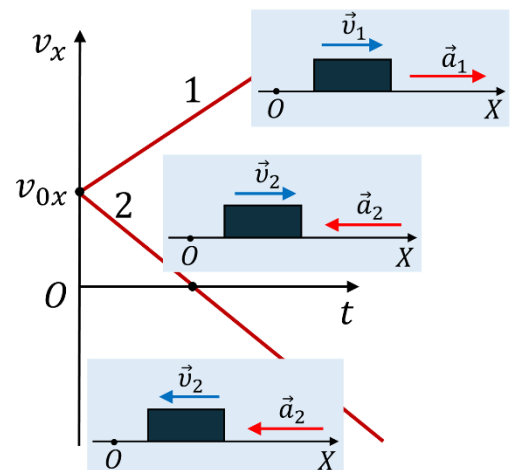
Формула, записана в проекціях на вісь OX (спрямуємо вздовж траєкторії руху тіла):

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

Графіки залежності $v_x(t)$ для рівноприскореного прямолінійного руху це відрізок прямої, нахиленої під певним кутом до осі часу.

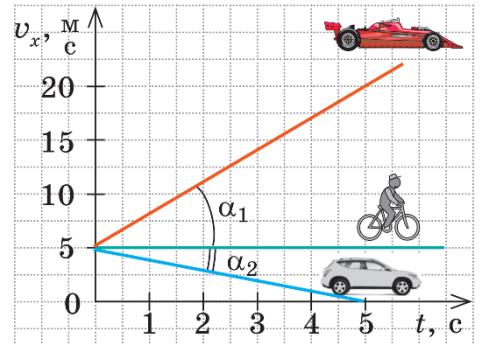
Тіло 1 весь час збільшує швидкість свого руху: $\vec{a}_1 \uparrow \vec{v}_1$.

Тіло 2 спочатку сповільнює свій рух: $\vec{a}_2 \uparrow \downarrow \vec{v}_2$, потім зупиняється (точка розвороту – час, коли напрямок руху тіла змінився на протилежний), після чого набирає швидкість, рухаючись у протилежному напрямку, оскільки $\vec{a}_2 \uparrow \vec{v}_2$.



Проблемне питання

• Яке із тіл рухається з більшим прискоренням?
 Чим більшим є прискорення руху тіла, тим більше кут α нахилу графіка проекції швидкості до осі часу. Болід рухається з більшим прискоренням, ніж автомобіль, тому $\alpha_1 > \alpha_2$. Прискорення руху велосипедиста дорівнює нулю.

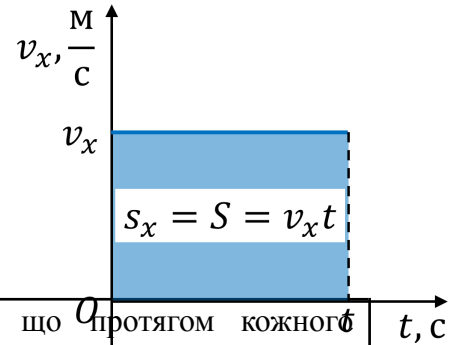


3. Переміщення під час рівноприскореного руху

Ми знаємо із 9 класу:

Для будь-якого руху проекція переміщення чисельно дорівнює площі фігури під графіком залежності $v_x(t)$.

Розглянемо рівноприскорений рух, за якого початкова швидкість і прискорення мають однаковий напрямок із віссю Ox .



| | |
|--|---|
| <p>1. Розіб'ємо весь час руху тіла на невеликі інтервали часу Δt.</p> | <p>2. Припустимо, що O протягом кожного інтервалу часу швидкість руху тіла залишалася незмінною. Загальне переміщення під час такого уявного руху дорівнює сумі площ смужок завширшки Δt, які разом утворюють східчасту фігуру.</p> |
| | |
| <p>4. У результаті нескінченного зменшення інтервалів часу ($\Delta t \rightarrow 0$) східчаста фігура «перетвориться» на трапецію, а переміщення чисельно дорівнюватиме площі цієї трапеції.</p> | <p>3. Якщо зменшити інтервали часу Δt то переміщення, як і раніше, дорівнюватиме площі східчастої фігури, яка поступово набуває вигляду трапеції.</p> |
| | |

В разі рівноприскореного руху проекція переміщення чисельно дорівнює площі трапеції:

$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t \quad (1)$$

$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t; \quad v_x = v_{0x} + a_x t \quad \Rightarrow$$

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

Рівняння проекції переміщення:

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

Графік проекції переміщення в разі рівноприскореного прямолінійного руху – **парабола**.

Якщо $a_x > 0$, то вітки параболи напрямлені вгору.

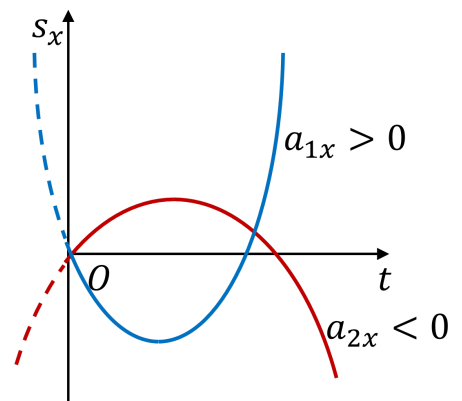
Якщо $a_x < 0$, то вітки параболи напрямлені вниз

Скориставшись означенням прискорення та формулою (1), можна отримати ще одну формулу для обчислення переміщення.

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

$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = \frac{(v_{0x} + v_x)(v_x - v_{0x})}{2a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x} \quad (3)$$



4. Рівняння координати

Для будь-якого виду руху проекція переміщення і координата пов'язані співвідношенням:

$$x = x_0 + s_x$$

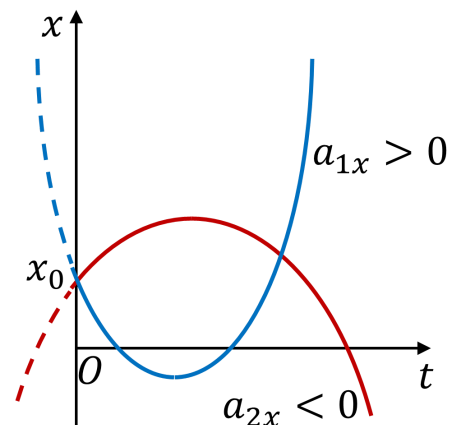
x_0 – початкова координата (координата тіла в момент початку спостереження);

s_x – проекція переміщення.

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

Рівняння координати для рівноприскореного прямолінійного руху:

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



Проаналізувавши останнє рівняння, доходимо висновку, що залежність $x(t)$ є квадратичною, тому **графік координати – парабола**.

ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

Рух тіл вважайте рівноприскореним прямолінійним.

1. Тролейбус, рухаючись зі швидкістю 18 км/год, зупинився за 4 с. Визначте прискорення його руху та гальмівний шлях тролейбуса.

Дано:

$$v_0 = 18 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

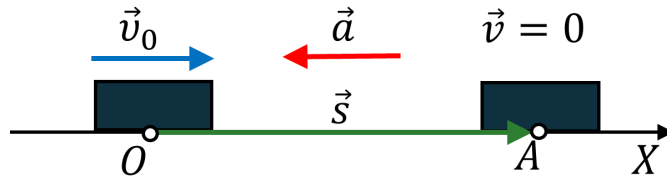
$$v = 0$$

$$t = 4 \text{ с}$$

$$a = ?$$

$$s = ?$$

Розв'язання



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

$$v_{0x} = v_0; \quad v_x = 0; \quad a_x = -a$$

$$-a = \frac{-v_0}{t} \Rightarrow a = \frac{v_0}{t}$$

$$[a] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad a = \frac{5}{4} = 1,25 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

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

$$s = v_0 t - \frac{a}{2} t^2; \quad [s] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} + \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{1} \cdot \text{с}^2 = \text{м} + \text{м} = \text{м}$$

$$s = 5 \cdot 4 - \frac{1,25}{2} \cdot 4^2 = 20 - 10 = 10 \text{ (м)}$$

Відповідь: $a = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $s = 10 \text{ м}$.

2. Залежність швидкості руху тіла від часу має вигляд: $v_x = 2 + 1,5t$. Визначте параметри руху тіла та охарактеризуйте його.

Дано:

$$v_x = 2 + 1,5t$$

$$v_{0x} = ?$$

$$a_x = ?$$

Розв'язання

Порівняємо задане в умові задачі рівняння з рівнянням швидкості для рівноприскореного прямолінійного руху:

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

$$v_{0x} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad a_x = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Тіло рухається у напрямку координатної осі OX ($v_{0x} > 0$) рівноприскорено ($v_{0x} > 0$; $a_x > 0$, швидкість руху збільшується)

Відповідь: $v_{0x} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $a_x = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

3. Координата тіла, що рухається, змінюється згідно з рівнянням $x = 8 + 5t - 1,25t^2$. Визначте параметри руху тіла, охарактеризуйте його, запишіть рівняння залежності швидкості руху від часу та побудуйте графік залежності $v_x(t)$.

Дано:

$$x = 8 + 5t - 1,25t^2$$

$$x_0 - ?$$

$$v_{0x} - ?$$

$$a_x - ?$$

$$v_x(t) - ?$$

Розв'язання

Наведене рівняння відповідає рівнянню рівноприскореного прямолінійного руху, яке має вигляд:

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

Вважаючи, що всі величини дано в СІ, бачимо, що

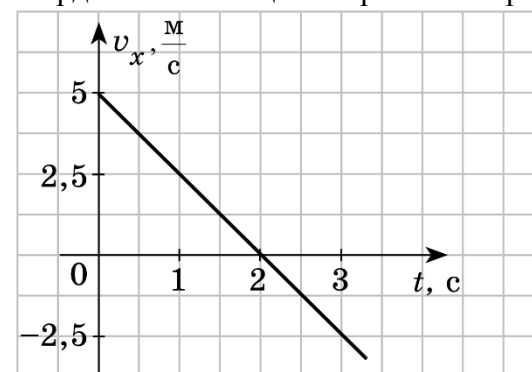
$$x_0 = 8 \text{ м}; \quad v_{0x} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad a_x = -2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Формула миттєвої швидкості під час рівноприскореного прямолінійного руху має вигляд:

$$v_x = v_{0x} + a_x t; \quad v_x = 5 - 2,5t$$

| $t, \text{с}$ | $v_x, \frac{\text{м}}{\text{с}}$ |
|---------------|----------------------------------|
| 0 | 5 |
| 2 | 0 |

Для побудови графіка такого рівняння достатньо знайти координати двох точок цього графіка, позначити ці точки на координатній площині і провести через них пряму.

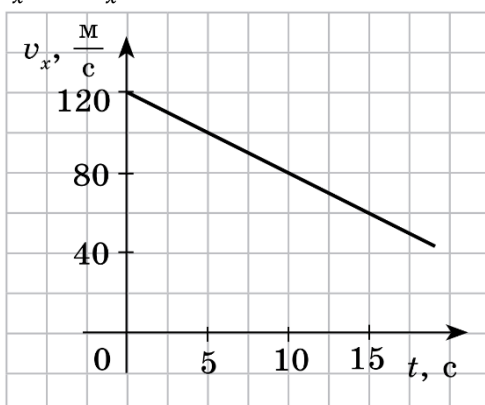


За параметрами руху тіла та графіком швидкості робимо висновок: тіло рухається у напрямку координатної осі Ox ($v_{0x} > 0$)

рівноприскорено ($a_x < 0$); через 2 с після початку

спостереження тіло зупиняється, після чого рухається рівноприскорено ($|v_x|$ лінійно зростає) проти координатної осі ($v_x < 0$).

4. За графіком залежності швидкості від часу, який наведено на рисунку, охарактеризуйте рух тіла, визначте початкову швидкість, прискорення його руху та запишіть рівняння $v_x(t)$, $s_x(t)$.



Розв'язання

$$v_{0x} = 120 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad t = 15 \text{ с}; \quad v_x = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}; \quad a_x = \frac{60 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 120 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{15 \text{ с}} = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t; \quad v_x = 120 - 4t$$

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x}{2}t^2; \quad s_x = 120t - 2t^2$$

Тіло рухається у напрямку координатної осі OX ($v_{0x} > 0$) рівноприскорено ($v_{0x} > 0$; $a_x < 0$, швидкість руху зменшується)

Відповідь: $v_{0x} = 120 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $a_x = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $v_x = 120 - 4t$; $s_x = 120t - 2t^2$.

ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

1. Який рух називають рівноприскореним прямолінійним?
2. Охарактеризуйте прискорення як фізичну величину.
3. Як рухається тіло, якщо напрямок його прискорення: а) збігається з напрямком руху? б) протилежний напрямку руху? в) якщо прискорення тіла дорівнює нулю?
4. Запишіть рівняння залежності $v_x(t)$ для рівноприскореного прямолінійного руху. Який вигляд має графік цієї залежності?
5. За допомогою яких формул можна обчислити проекцію переміщення? Виведіть ці формули.
6. Доведіть, що графіком залежності $s_x(t)$ є парабола. Як напрямлені її вітки? Якому моменту руху відповідає вершина?
7. Запишіть рівняння координати для рівноприскореного прямолінійного руху. Назвіть фізичні величини, які пов'язує це рівняння.

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 6, Пункт 4 Задача 1, Вправа № 6 (1)

Використані джерела:

<https://www.fizikanova.com.ua/home>

Підручник: <https://shkola.in.ua/1719-fizyka-10-klas-bar-iakhtar-2018.html>