

Тема 4. Основи динаміки.

Динаміка – це розділ механіки, в основі якого лежить кількісний опис взаємодії тіл, яка визначає характер їхнього руху.

Основна задача динаміки – вивчити можливі взаємодії тіл, з'ясувати закони, яким підпорядковуються рух і взаємодія тіл, і на основі цих законів уміти визначати положення тіл у будь-який момент часу.

Явище інерції. Інерціальні системи відліку. Перший закон Ньютона.

Тіло рухається рівномірно прямолінійно або перебуває у стані спокою відносно Землі, якщо дії на нього інших тіл скомпенсовані. Таке явище називають **явищем інерції**.

Перший закон механіки Ньютона. Існують такі системи відліку, відносно яких тіло зберігає стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, якщо на нього не діють інші тіла та поля або якщо їхні дії скомпенсовані.

Система відліку, відносно якої спостерігається явище інерції, називають *інерціальною системою відліку*; система відліку, відносно якої явище інерції не спостерігається, – *неінерціальною системою відліку*. Якщо немає спеціальних застережень, у задачах користуються тільки інерціальними системами відліку.

Отже, **інерціальні системи відліку** – це такі системи відліку, відносно яких тіло зберігає швидкість свого руху постійною, якщо на нього не діють інші тіла та поля або якщо їхні дії скомпенсовані.

Зазвичай, як інерціальну використовують систему відліку, жорстко пов'язану з точкою на поверхні Землі. Але будь-яка система відліку, що рухається відносно Землі рівномірно прямолінійно, є інерціальною. А будь-яка система відліку, що рухається відносно Землі із прискоренням, є неінерціальною.

Взаємодія. Сила.

Дію тіл або частинок одне на одне називають **взаємодією**.

Сила – це фізична величина, яка характеризує взаємодію тіл.

Сила (у механіці) $\vec{F}$ – це векторна фізична величина, яка є мірою дії на тіло з боку інших тіл, в результаті чого тіло набуває прискорення або (і) змінює форму та розміри.

Одиниця сили в СІ – ньютон (Н). 1 Н дорівнює силі, яка, діючи на тіло масою 1 кг, надає йому прискорення 1 м/с².

Рівнодійна сила – це сила, яка діє на тіло так само, як декілька сил, що діють одночасно, і дорівнює геометричній сумі сил, які діють на дане тіло:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n ,$$

де n – кількість сил, що діють на тіло.

Інертність. Маса тіла.

Властивість тіла, яка полягає в тому, що для зміни швидкості руху тіла потрібен деякий час, називають **інертністю**.

Маса m – фізична величина, яка є мірою інертності та мірою гравітації тіла.

Одиниця маси в СІ – кілограм (кг). 1 кг дорівнює масі міжнародного еталона кілограма.

Основні властивості маси

1. *Маса тіла – величина інваріантна:* вона не залежить від вибору системи відліку.
2. *Маса тіла не залежить від швидкості руху тіла.*
3. *Маса тіла – величина адитивна:* маса тіла дорівнює сумі мас усіх частинок, з яких складається тіло, а маса системи тіл дорівнює сумі мас тіл, що утворюють систему.
4. *У класичній механіці виконується закон збереження маси:* у ході будь-яких процесів у системі тіл загальна маса системи залишається незмінною; маса тіла не змінюється під час його взаємодії з іншими тілами.

Другий закон Ньютона

Прискорення, якого набуває тіло внаслідок дії сили, прямо пропорційне цій силі та обернено пропорційне масі тіла:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Цей вираз можна записати і для модулів: $a = \frac{F}{m}$, і для проекцій:

$$a_x = \frac{F_x}{m}, a_y = \frac{F_y}{m}, a_z = \frac{F_z}{m}.$$

Наслідки з другого закону Ньютона

1. *Прискорення визначається силою, яке діє на тіло (сила – причина прискорення). Зміна сили призводить до зміни прискорення, а не навпаки.*
2. *Якщо на тіло одночасно діють кілька сил, то у формулі, яка є математичним записом другого закону Ньютона, силу слід розуміти, як рівнодійну всіх сил, прикладених до тіла.*
3. *Напрямок прискорення руху тіла завжди збігається з напрямком рівнодійної сил, прикладених до тіла.*
4. *Якщо сили, що діють на тіло, скомпенсовані, тобто $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$, то $\vec{a} = 0$. Таким чином, закон інерції можна сформулювати так: *тіло перебуває у стані спокою або рухається з постійною швидкістю ($\vec{a} = 0$), якщо рівнодійна сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю.**
5. *Тіло рухається рівноприскорено тільки в тому випадку, якщо рівнодійна сил, прикладених до тіла, не змінюється з часом.*
6. *На підставі другого закону Ньютона встановлюється одиниця сили: якщо маса тіла дорівнює 1 кг, а прискорення, якого набуває тіло в результаті дії сили, дорівнює 1 м/с², то з рівності $F=ma$ маємо, що сила дорівнює одиниці сили – 1 Н = 1 кг·1 м/с².*

Третій закон Ньютона

Сили, з якими тіла діють одне на одне, напрямлені вздовж однієї прямої, рівні за модулем і протилежні за напрямком:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} ,$$

де $\vec{F}_{12}$ – сила, з якою друге тіло діє на перше; ця сила прикладена до першого тіла; $\vec{F}_{21}$ – сила, з якою перше тіло діє на друге; ця сила прикладена до другого тіла.

Приклад 1. Які фізичні величини, що характеризують рух тіла, із наступного переліку, змінюються під час переходу з однієї інерціальної системи відліку в іншу? Переміщення, шлях, швидкість, прискорення.

Відповідь: переміщення, шлях, швидкість – змінюються, прискорення – не змінюється.

Приклад 2. У якому випадку систему відліку, пов'язану з літаком, можна вважати інерціальною?

- А) літак злітає зі злітної смуги аеродрому;
- Б) літак рухається на сталій висоті з постійною швидкістю;
- В) літак здійснює посадку;
- Г) літак здійснює поворот, коли під'їжджає до будівлі аеропорту.

Відповідь: Б. Система не може вважатися інерціальною, якщо вона рухається відносно Землі з прискоренням.

Приклад 3. З яким прискоренням рухатиметься тіло масою 200 г, якщо на нього діятиме сила 2 Н?

$$a = F/m = 2/0,2 = 10.$$

Відповідь: 10 м/с².

Завдання прикладів 4 – 5 див. на наступній сторінці.

Приклад 4. № 5, с. 30.

Відповідь: Б.

Приклад 5. № 6, с. 30.

Відповідь: В.

2. Які фізичні величини, що характеризують рух тіла, змінюються під час переходу з однієї інерціальної системи відліку в іншу?

А Переміщення, шлях, швидкість, прискорення — змінюються
 Б Переміщення, швидкість — змінюються, шлях, прискорення — не змінюються
 В Переміщення, шлях, швидкість — змінюються, прискорення — не змінюється
 Г Переміщення, шлях, швидкість, прискорення — не змінюються

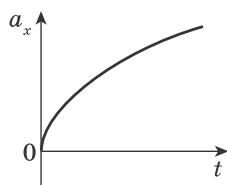
3. У якому випадку систему відліку, пов'язану з літаком, можна вважати інерціальною?

А Літак злітає зі злітної смуги аеродрому
 Б Літак рухається на сталій висоті з постійною швидкістю
 В Літак здійснює посадку
 Г Літак здійснює поворот, коли під'їжджає до будівлі аеропорту

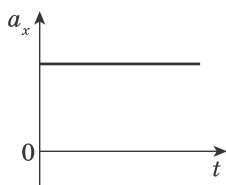
4. З яким прискоренням рухатиметься тіло масою 200 г, якщо на нього діятиме сила 2 Н?

А 0,01 м/с ²	Б 0,4 м/с ²	В 10 м/с ²	Г 100 м/с ²
-------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------

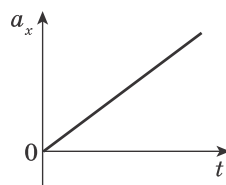
5. На тіло діє стала сила. Установіть, який із графіків залежності проекції прискорення тіла від часу відповідає руху цього тіла.



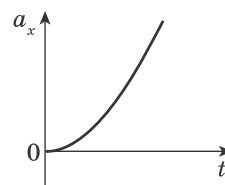
1



2



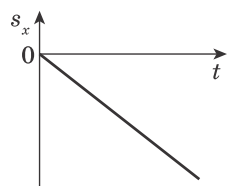
3



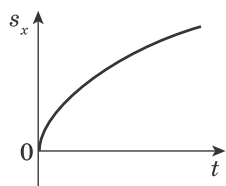
4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

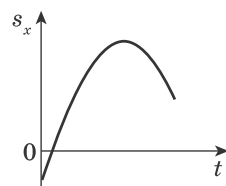
6. На тіло діє стала сила. Установіть, який із графіків залежності проекції переміщення тіла від часу може відповідати руху цього тіла.



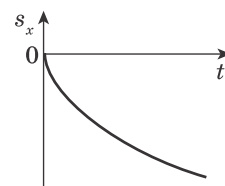
1



2



3



4

А 1	Б 2	В 3	Г 4
-----	-----	-----	-----

7. На тіло масою 5 кг діє стала сила 10 Н. Установіть, яке з рівнянь може описувати рух цього тіла.

А $v_x = 5t$	Б $v_x = 10t$	В $s_x = 2t^2$	Г $s_x = t^2$
--------------	---------------	----------------	---------------

8. Залежність проекції переміщення від часу для тіла масою 2 кг, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $s_x = 2t - 1,5t^2$. Під дією якої сили рухається тіло?

А 2 Н	Б 3 Н	В 4 Н	Г 6 Н
-------	-------	-------	-------

Приклад 6. На тіло масою 5 кг діє стала сила 10 Н. Установіть, яке з рівнянь може описувати рух цього тіла.

А) $v_x = 5t$;

Б) $v_x = 10t$;

В) $s_x = 2t^2$;

Г) $s_x = t^2$.

Відповідь: Г.

Приклад 7. Залежність проекції переміщення від часу для тіла масою 2 кг, що рухається прямолінійно, задана рівнянням $s_x = 2t - 1,5t^2$. Чому дорівнює сила, під дією якої рухається тіло?

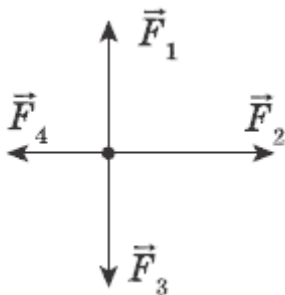
$$a_x/2 = -1,5, a_x = -3$$

$$F = ma = 2 \cdot (-3) = -6 \text{ (Н)}$$

Відповідь: 6 Н.

Приклад 8. На рисунку зображено сили, які діють на тіло масою 4 кг. Визначте напрям та значення прискорення тіла.

$$F_1 = F_3 = 2 \text{ Н}, F_2 = 2,5 \text{ Н}, F_4 = 1,5 \text{ Н}.$$



Відповідь: вправо, $0,25 \text{ м/с}^2$.

Приклад 9. На злітну смугу аеродрому здійснює посадку літак масою 60 т. Якою є сила опору рухові, якщо літак під час торкання колесами смуги мав швидкість 180 км/год і до зупинки проїжджає по смугі 1200 м?

$$m = 6 \cdot 10^4 \text{ кг}, v_0 = 50 \text{ м/с}, S = 1200 \text{ м}, v = 0$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-v_0^2}{2a}, \quad a = \frac{-v_0^2}{2S} = \frac{-2500}{2400} = -\frac{25}{24},$$

$$F_{\text{оп}} = ma = 6 \cdot 10^4 \cdot \left(-\frac{25}{24}\right) = -62500 \text{ (Н)}$$

Відповідь: 62,5 кН.

Приклад 10. Визначте середню силу, що діяла на м'яч під час удару футболіста, якщо м'яч після удару набув швидкості 72 км/год? Перед ударом м'яч був нерухомим. Маса м'яча становить 500 г, час удару – 0,02 с.

$$v = 20 \text{ м/с}, m = 0,5 \text{ кг}, t = 0,02 \text{ с}, v_0 = 0$$

$$a = (v - v_0)/t = 20/0,02 = 1000$$

$$F = 0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ (Н)}$$

Відповідь: 500 Н.

Домашнє завдання:

основне: 1.61, 1.62, 1.63, 1.69, 1.72.

додаткове: 1.74, 1.88.