

### Питання для самоконтролю

1. Які системи відліку називають інерціальними, а які – неінерціальними?
2. Яке тіло називають вільним?
3. Що таке маса?
4. Як вимірюють масу?
5. Що таке густина тіла?
6. Які сили ви знаєте?
7. Яку силу називають рівнодійною?
8. Сформулюйте другий закон Ньютона.
9. Чому другий закон Ньютона називають динамічним рівнянням руху?
10. Сформулюйте третій закон Ньютона.
11. З чим пов'язані обмеження в застосуванні законів Ньютона?
12. Сформулюйте і поясніть принцип відносності Галілея?
13. Дайте означення центру мас системи тіл.
14. Чому внутрішні сили не впливають на рух центру мас системи?

#### 3.14. Формули необхідні для розв'язку задач

1. Рівняння другого закону Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}, \quad m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}, \quad \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}.$$

2. Рівняння третього закону Ньютона:

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

3. Сила тяжіння:

$$\vec{F} = m\vec{g}.$$

4. Гравітаційна сила:

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}_{12}|^2} \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}.$$

5. Сила пружності при деформації вздовж осі X:

$$F_x = -kx.$$

6. Величина максимальної сили тертя спокою:

$$F_{\text{тер}} = \mu N$$

7. Сила в'язкого тертя

$$\vec{F} = -k_1 \vec{v}$$

при малих швидкостях та

$$\vec{F} = -k_2 v^2 \frac{\vec{v}}{v}$$

при великих швидкостях.

8. Маса однорідного тіла об'ємом  $V$

$$m = \rho V.$$

9. Радіус-вектор центру мас системи  $N$  тіл

$$\vec{r}_C = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i.$$

10. Перетворення швидкостей при переході від однієї системи відліку до іншої, що рухається з швидкістю  $\vec{v}'$  відносно першої (перетворення Галілея)

$$\vec{v}_2 = \vec{v}' + \vec{v}_1.$$

### 3.15. Задачі

3.1. Тіло, маса якого  $m$ , кинули під кутом  $\alpha$  до горизонту з початковою швидкістю  $v_0$ . Знайдіть зміну імпульсу тіла під час польоту і зміну імпульсу сили, яка діє на тіло під час польоту.

3.2. Кулька для гри в пінг-понг, яка має масу 20 г та швидкість 20 м/с, вдаряє перпендикулярно у вертикальну сталеву стіну й відскакує без зміни модуля швидкості. Знайдіть силу вдару кульки, якщо тривалість удару 0,1 с.

3.3. Два зв'язані ниткою бруски, маси яких  $m_1 = 100$  г та  $m_2 = 200$  г, знаходяться на горизонтальній поверхні. Тіла переміщують вздовж по поверхні зі сталим прискоренням  $a = 10$  см/с<sup>2</sup>, приклавши силу до першого бруска. Знайдіть силу натягу нитки, коли коефіцієнт тертя 0,01.

3.4. Тіло, маса якого  $m$ , рухається під дією рівнодійної сили, яка залежить від часу  $\vec{F}(t) = c_1 t \vec{i} + c_2 t^2 \vec{j}$ , де  $c_1, c_2$  – задані сталі. Знайдіть залежності від часу для швидкості та переміщення тіла, коли початкова швидкість тіла  $\vec{v}_0$ , а його початкове положення  $\vec{r}_0$ .

3.5. Закон руху тіла описується виразом  $\vec{r}(t) = c_1(t-\tau)^2 \vec{i} + c_2 t^3 \vec{j} + c_3(t+\tau)^3 \vec{k}$ , де  $c_1, c_2, c_3, \tau$  – задані сталі. Знайдіть вираз для рівнодійної сили, під дією якої рухається тіло.

3.6. Два тягарці, маси яких  $m_1$  та  $m_2 = 2m_1$ , з'єднані ниткою та висять вертикально на гумовому шнурі, що прикріплений до першого тягарця. Якого прискорення отримає кожен з тягарців, якщо нитку миттєво перерізати? Нитку та шнур вважати невагомими.

- 3.7. Брусок, маса якого  $m = 5$  кг, ковзає по гладкій похилій площині з кутом нахилу до горизонту  $30^\circ$ . Знайдіть з якою силою брусок тисне на площину? Якого прискорення він набуває? Яку швидкість буде мати брусок через 2 секунди руху?
- 3.8. Тіло, маса якого  $m = 1$  кг, починає рух під дією сили  $\vec{F} = \vec{F}_0(1 - t/\tau)$ , де  $F_0 = 5$  Н,  $\tau = 10$  с. Знайдіть швидкість тіла в момент часу  $t = 10$  с.
- 3.9. До тіла, маса якого  $m$ , і яке лежить на горизонтальній поверхні, прикладена сила  $F = \alpha t$ , де  $\alpha$  – задана стала, яка направлена вздовж вертикалі вгору. Запишіть рівняння руху тіла.
- 3.10. Тіло висить на пружині і розтягує її на величину  $\Delta \ell_0$ . Потім тіло підіймають до положення, в якому пружина не розтягнена, й без поштовху, коли  $v_0 = 0$ , відпускають. Знайдіть величину максимального видовження пружини.
- 3.11. До тіла, маса якого  $m = 5$  кг, прикладені дві сили:  $F_1 = 2$  Н та  $F_2 = 4$  Н, які напрямлені під кутом  $120^\circ$  одна до одної. Знайдіть прискорення тіла.
- 3.12. Тіло, маса якого  $m$ , рухається прямолінійно під дією сили  $F = F_0 \sin \omega t$ , де  $F_0$ ,  $\omega$  – задані сталі. Який шлях пройде тіло до першої зупинки? Знайдіть максимальну швидкість тіла під час цього руху.
- 3.13. Тіло, маса якого  $m$ , рухається прямолінійно вздовж осі  $X$  під дією сили, величина якої залежить від координати:  $F = F_0 \cos kx$ , де  $F_0$ ,  $k$  – задані сталі. Знайдіть залежність швидкості від координати, якщо початкова координата  $x_0 = 0$ .
- 3.14. Маленька шайба починає зісковзувати вниз по площині, що нахилена під кутом  $45^\circ$  до горизонту й має змінний коефіцієнт тертя  $k = \eta x$ , де  $\eta = 0,5 \text{ м}^{-1}$ , а  $x$  – відстань, яку пройшла шайба. Знайдіть шлях, який пройде шайба до зупинки.
- 3.15. Автомобіль рухається з постійним тангенціальним прискоренням  $a_t$  по горизонтальній поверхні вздовж кола з радіусом  $r$ . Коефіцієнт тертя ковзання між шинами автомобіля і поверхнею  $k$ . Який шлях пройде автомобіль без ковзання, якщо початкова швидкість автомобіля  $v_0$ ?
- 3.16. Початкова швидкість кулі становить  $800$  м/с. При її русі в повітрі протягом часу  $0,8$  с її швидкість зменшилася до  $200$  м/с. Маса кулі  $10$  г. Визначте величину коефіцієнту опору руху  $k$ , якщо сила опору повітря пропорційна квадрату швидкості.
- 3.17. Людина стрибає з парашутом. Припускаючи, що сила опору повітря пропорційна швидкості, визначте, через який проміжок часу швидкість руху парашутиста буде становити  $0,9$  від величини швидкості усталеного руху. Коефіцієнт опору  $k = 10$  кг/с. Початкова швидкість  $v_0 = 0$ , а маса парашутиста  $80$  кг.
- 3.18. Чотири кулі, маси яких  $2$  кг,  $4$  кг,  $6$  кг і  $8$  кг, розміщені у вершинах квадрата зі стороною  $2$  м. Знайдіть координати центру мас системи.
- 3.19. Ланцюжок, маса якого  $m$  і довжина  $\ell$ , підвішений за один з його країв, так що верхня точка ланцюжка знаходиться на висоті  $2\ell$  від горизонтальної поверхні. Який імпульс

ланцюжок передасть поверхні, якщо його відпустили без початкової швидкості і він падає вільно?