



Сумський
державний
університет

Динаміка поступального руху. Закони Ньютона

Практичне заняття №2



- ▶ **Відскануйте QR-код за допомогою смартфона, пройдіть тестування (0,5 б)**



Динаміка поступального руху. Закони Ньютона

2.1 Рівняння руху матеріальної точки (**другий закон Ньютона**) у векторній формі має вигляд

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

або у випадку, коли $m = \text{const}$,

$$m\vec{a} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i,$$

де $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i$ - геометрична сума сил, що діють на матеріальну

точку; m – маса; \vec{a} – прискорення; $\vec{p} = m\vec{v}$ – імпульс; N – кількість сил, що діють на точку.

Динаміка поступального руху. Закони Ньютона

У координатній (скалярній) формі рівняння руху матеріальної точки

$$ma_x = \sum_{i=1}^N F_{xi}, \quad ma_y = \sum_{i=1}^N F_{yi}, \quad ma_z = \sum_{i=1}^N F_{zi},$$

або

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \sum_{i=1}^N F_{xi}, \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = \sum_{i=1}^N F_{yi}, \quad m \frac{d^2 z}{dt^2} = \sum_{i=1}^N F_{zi},$$

де під знаком суми містяться проекції сил F_i на відповідні осі координат.

Особливості розв'язування задач на закони Ньютона

- У загальному випадку в задачах з динаміки поєднуються два види задач: задачі з кінематики і задачі на закони Ньютона.
- Якщо треба знайти координату, переміщення, час, швидкість, то спочатку визначається прискорення, використовуючи закони динаміки. Потім визначається шукана величина, виходячи із рівнянь, кінематики.
- Якщо треба знайти масу, силу, коефіцієнт тертя, жорсткість, то спочатку визначають прискорення, користуючись кінематичними рівняннями руху. Потім визначають шукану величину, виходячи із Законів Ньютона.

Система дій з розв'язування задач на закони Ньютона:

1. Прочитати й зрозуміти умову задачі, з'ясувавши, рух якого тіла в ній розглядається.
2. Зобразити умовно тіло (і поверхню, по якій рухається дане тіло).
3. Зобразити всі сили, що діють на тіло.
4. Провести осі координат (одну вісь провести в напрямку прискорення тіла).
5. Записати другий закон Ньютона у векторній формі.
6. У цьому законі замість сили записати векторну суму всіх сил, що діють на тіло.
7. Записати рівняння другого закону Ньютона в проекціях на осі координат.
8. Записати додаткові умови (як правило, закони сил).
9. Розв'язати одержану систему рівнянь

- Приклад 1.** На рівному столі лежить брусок масою 4 кг. До бруска прив'язані два шнури, перекинуті через нерухомі блоки, які прикріплені до протилежних боків стола. До кінців шнурів підвішені гирі масами 1 кг та 2 кг. Знайти прискорення, з яким рухається брусок та силу натягу кожного зі шнурів. Масою блоків знехтувати.

Розв'язання

$a - ? \quad T_1 - ? \quad T_2 - ?$

$m = 4 \text{ кг},$
 $m_1 = 1 \text{ кг},$
 $m_2 = 2 \text{ кг},$
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2.$

$m_1 \vec{a}_1 = \overline{m_1 g} + \vec{T}_1$ $m_2 \vec{a}_2 = \overline{m_2 g} + \vec{T}_2$
 $m_1 a = -m_1 g + T_1$ $m_2 a = m_2 g - T_2$

$(m_1 + m_2) a = g(m_2 - m_1) - (T_2 - T_1)$ $(T_2 - T_1) = g(m_2 - m_1) - (m_1 + m_2) a$

$m a = T_2 - T_1$

- Приклад 1.** На рівному столі лежить брусок масою 4 кг. До бруска прив'язані два шнури, перекинуті через нерухомі блоки, які прикріплені до протилежних боків стола. До кінців шнурів підвішені гирі масами 1 кг та 2 кг. Знайти прискорення, з яким рухається брусок та силу натягу кожного зі шнурів. Масою блоків знехтувати.

Розв'язання

$a - ? \quad T_1 - ? \quad T_2 - ?$
$m = 4 \text{ кг},$
$m_1 = 1 \text{ кг},$
$m_2 = 2 \text{ кг},$
$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$

$$ma = g(m_2 - m_1) - (m_1 + m_2)a$$

$$a = g \frac{(m_2 - m_1)}{m + m_1 + m_2}$$

$$T_1 = m_1(a + g) = m_1 g \left(\frac{(m_2 - m_1)}{m + m_1 + m_2} + 1 \right) = m_1 g \cdot \frac{2m_2 + m}{m + m_1 + m_2},$$

$$T_2 = m_2(g - a) = m_2 g \left(1 - \frac{(m_2 - m_1)}{m + m_1 + m_2} \right) = m_2 g \cdot \frac{2m_1 + m}{m + m_1 + m_2}.$$

$$a = 9,81 \frac{(2-1)}{4+2+1} = 1,4 \text{ (м/с}^2\text{)},$$

$$T_1 = 9,81 \cdot \frac{2 \cdot 2 + 4}{4 + 1 + 2} = 11,21 \text{ (Н)}$$

$$T_2 = 2 \cdot 9,81 \cdot \frac{2 \cdot 1 + 4}{4 + 1 + 2} = 16,82 \text{ (Н)}$$

- Приклад 2.** На похилій площині, що утворює з горизонтом кут $\alpha = 30^\circ$, розміщене тіло масою $m_1 = 2 \text{ кг}$. Тіло рухається вгору по похилій площині під дією зв'язаного з ним невагомою і нерозтяжною ниткою, перекинutoю через блок, вантажу масою $m_2 = 20 \text{ кг}$. Початкові швидкості тіла і вантажу дорівнюють нулю, коефіцієнт тертя тіла $\mu = 0,1$. Визначити прискорення, з яким рухаються тіла, і силу натягу нитки. Блок вважати невагомим, тертям знехтувати.

Розв'язання

$$a - ? \quad T_1 - ? \quad T_2 - ?$$

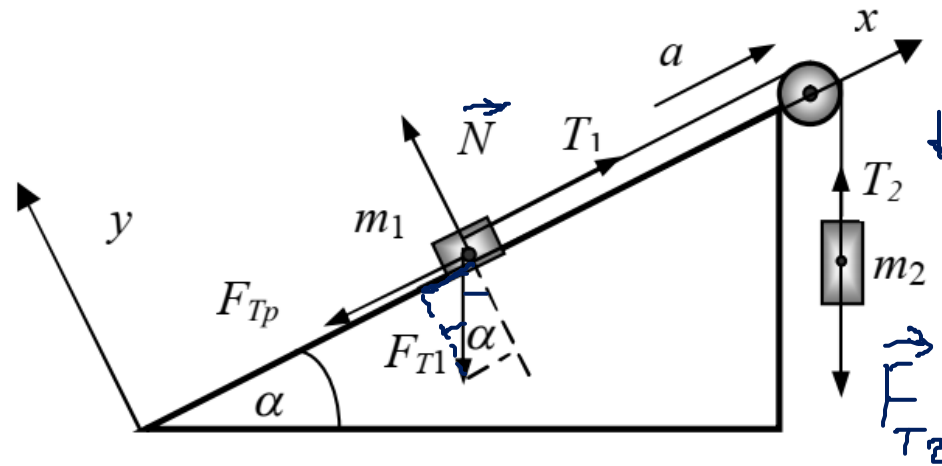
$$m_1 = 2 \text{ кг},$$

$$m_2 = 20 \text{ кг},$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2,$$

$$\alpha = 30^\circ,$$

$$\mu = 0,1.$$



$$\vec{F}_{T1} = m_1 \vec{g}$$

$$\vec{F}_{T2} = m_2 \vec{g}$$

$$\vec{T}_1 + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{Tp} = m_1 \vec{a}_1,$$

$$\vec{T}_2 + m_2 \vec{g} = m_2 \vec{a}_2,$$

$$a_1 = a_2 = a, \quad T_1 = T_2 = T$$

$$\text{Ox: } T - mg \sin \alpha - F_{Tp} = m_1 a,$$

$$\text{Oy: } N - mg \cos \alpha = 0.$$

$$T - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = m_1 a$$

Oy:

$$m_2 g - T = m_2 a$$

- Приклад 2.** На похилій площині, що утворює з горизонтом кут $\alpha = 30^\circ$, розміщене тіло масою $m_1 = 2$ кг. Тіло рухається вгору по похилій площині під дією зв'язаного з ним невагомою і нерозтяжною ниткою, перекинутою через блок, вантажу масою $m_2 = 20$ кг. Початкові швидкості тіла і вантажу дорівнюють нулю, коефіцієнт тертя тіла $\mu = 0,1$. Визначити прискорення, з яким рухаються тіла, і силу натягу нитки. Блок вважати невагомим, тертям знехтувати.

Розв'язання

$$a - ? \quad T_1 - ? \quad T_2 - ?$$

$$m_1 = 2 \text{ кг},$$

$$m_2 = 20 \text{ кг},$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2,$$

$$\alpha = 30^\circ,$$

$$\mu = 0,1.$$

$$a = \frac{(m_2 - m_1(\sin \alpha + \mu \cos \alpha))g}{m_1 + m_2}$$

$$T = \frac{m_1 m_2 g (1 + \sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{(20 - 2 \cdot (\sin 30^\circ + 0,1 \cos 30^\circ)) \cdot 9,8}{20 + 2} = 8,4 \text{ (м/с}^2\text{)},$$

$$T = \frac{2 \cdot 20 \cdot 9,8 \cdot (1 + \sin 30^\circ + 0,1 \cos 30^\circ)}{20 + 2} = 28,2 \text{ (Н)}.$$

Задача для самостійного розв'язання

- Два вантажі масами $m_1 = 2$ кг та $m_2 = 3$ кг, які лежать на горизонтальному столі, зв'язані ниткою. Коли цю систему тягнуть у горизонтальному напрямку за вантаж m_1 , з силою $F = 80$ Н, нитка рветься. Визначити міцність нитки (максимальну силу, яку вона може витримати).

Фото розв'язку задачі прикріпити до завдання «ПЗ 2» в Google Classroom до кінця пари +/- (0,5 балів).

У випадку, якщо розв'язок надійде пізніше, оцінювання здійснюється інакше (до 0,3 бали)