

# Рух тіла під дією кількох сил.

## Мета.

**Освітня.** Сформувати вміння учнів використовувати перший і другий закони динаміки Ньютона для опису руху тіл по горизонтальній і по похилій площині. Відпрацювати практичні навички розв'язування задач на рух тіла під дією кількох сил.

**Розвиваюча.** Розвивати навички складання рівняння другого закону Ньютона у векторній і скалярній формах.

**Виховна.** Виховувати впевненість у собі, необхідність в знаннях, культуру оформлення та розв'язування задач зі схематичними малюнками.

**Тип уроку.** Формування знань, умінь, навичок.

## Прилади та матеріали для роботи з учнями:

- Флеш – анімація [Сили](#), [Сили](#)
- Флеш – анімація [Гра «Познач сили»](#)
- Демонстрація 1. Деформація пружини, гумового шнура, губки.
- Демонстрація 2. Сила реакції опори.

## План

1. Актуалізація опорних знань.
2. Вивчення нового матеріалу.
3. Запитання на закріплення вивченого.
4. Домашнє завдання.

## Хід уроку

### 1. Актуалізація опорних знань.

#### Згоден – не згоден

1. Зміну форми або розмірів тіла називають деформацією.
2. Деформації розтягнення та кручення (стиснення) характеризуються фізичними величинами видовження та відносне видовження.
3. Деформації, які зберігаються після припинення дії на тіло зовнішніх сил, називають пружними.
4. Сила пружності – це сила, яка виникає під час пружної деформації тіла і напрямлена протилежно напрямку зміщення частин (частинок) цього тіла в процесі деформації.
5. Сила тертя завжди напрямлена в ту саму сторону, що і швидкість тіла.
6. Сила тертя спокою є рушійною силою, завдяки якій пересуваються люди, тварини, транспорт.
7. Сила тертя ковзання – це сила, яка виникає під час ковзання одного тіла по поверхні іншого.

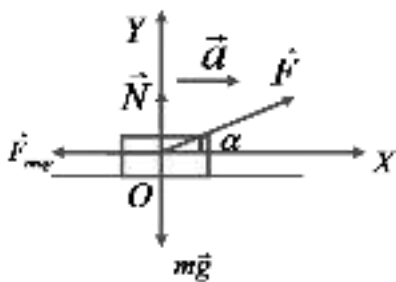
8. Прискорення вільного падіння завжди однакове в будь-якій точці Земної кулі.
9. Силу тертя ковзання можна зменшити, посипавши поверхню тіла піском.
10. Коефіцієнт тертя ковзання залежить від матеріалів, з яких виготовлені дотичні тіла, і якості обробки їхніх поверхонь.

## 2. Вивчення нового матеріалу.

### Алгоритм розв'язування задач з динаміки

1. Уважно прочитайте умову задачі. З'ясуйте, які сили діють на тіло та характер руху тіла (рухається тіло рівномірно чи з прискоренням; якою є траєкторія руху тіла).
2. Запишіть коротко умову задачі, виразіть числові значення СІ.
3. Зробіть схематичний рисунок, покажіть на ньому обрану систему відліку та всі сили, що діють на тіло.
4. Запишіть другий закон Ньютона у векторному вигляді та проекціях на осі координат.
5. Запишіть додаткові рівняння (наприклад, формули для сил або рівняння кінематики з урахуванням початкових умов: початкових координат та швидкостей тіла).
6. Розв'яжіть отриману систему рівнянь у загальному вигляді.
7. Проаналізуйте отриманий результат (перевірте одиниці величин).
8. Виконайте числові розрахунки, оцініть правдоподібність результатів.
9. Запишіть відповідь.

### Рух тіла під дією декількох сил.



$$\vec{F}_H + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{тер} = m\vec{a}$$

Тіло рухається по горизонтальній дорозі. На тіло **діють чотири сили**: сила тяжіння, напрямлена вниз, сила нормальної реакції опори, напрямлена перпендикулярно до площини, сила тертя, напрямлена вздовж площини у бік, протилежний руху тіла і сила тяги (сила натягу мотузки або сила пружності). Тіло рухається з прискоренням ***a***.

**Задача 1.** Автобус, маса якого з повним навантаженням становить 15 т, рушає з місця з прискоренням  $0,7 \text{ м/с}^2$ . Визначте силу тяги, якщо коефіцієнт опору руху дорівнює 0,03.

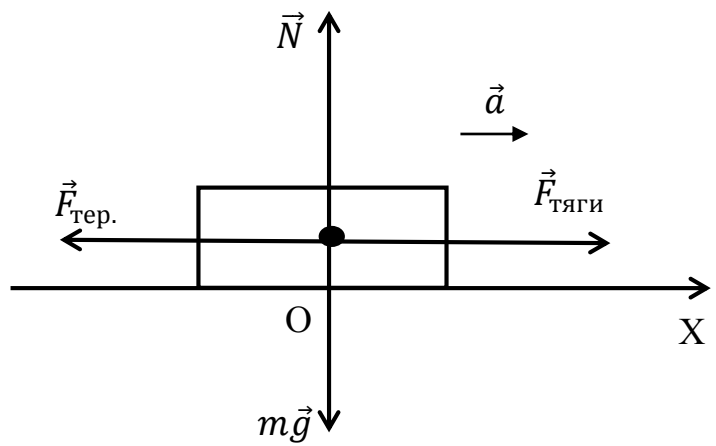
Дано:

$$m = 15 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$a = 0,7 \text{ м/с}^2$$

$$\mu = 0,03$$

$$F_{\text{тяги}} - ?$$



За II законом Ньютона:  $\vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{тер.}} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

В проекціях на вісь OX:  $F_{\text{тяги}} - F_{\text{тер.}} + 0 + 0 = ma$

$$F_{\text{тяги}} - F_{\text{тер.}} = ma$$

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{тер.}} + ma$$

$$F_{\text{тер.}} = \mu \cdot F_{\text{тиску}}$$

За III законом Ньютона

$$F_{\text{тиску}} = P = mg$$

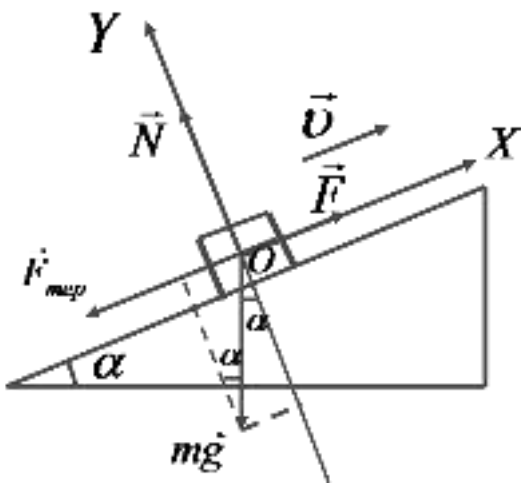
$$F_{\text{тер.}} = \mu \cdot mg$$

$$F_{\text{тяги}} = \mu \cdot mg + ma$$

$$[F_{\text{тяги}}] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$$

$$F_{\text{тяги}} = 0,03 \cdot 15000 \cdot 10 + 15000 \cdot 0,7 = 4500 + 10500 = 15000 \text{ Н} = 15 \text{ кН}$$

Відповідь:  $F_{\text{тяги}} = 15 \text{ кН}$



Рівномірний рух тіла по похилій площині.

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тер.}} = 0$$

Рівноприскорений рух по похилій площині.

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тер.}} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a}$$

**Задача 2.** Сани масою 120 кг з'їжджають з гори завдовжки 20 м, нахиленої під кутом  $30^\circ$  до горизонту. Коли і з якою швидкістю вони досягнуть підніжжя гори, якщо коефіцієнт тертя 0,02?

Дано :

$$l = 20 \text{ м}$$

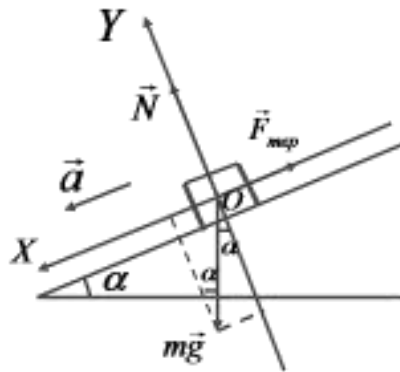
$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,02$$

$$m = 120 \text{ кг}$$

$$t - ?$$

$$v - ?$$



$$OX : mg \sin \alpha - F_{\text{тер}} = ma; \Rightarrow a = \frac{mg \sin \alpha - F_{\text{тер}}}{m}$$

$$OY : N - mg \cos \alpha = 0; \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тер}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \frac{mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}{m} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

При рівноприскореному русі без початкової швидкості шлях:

$$l = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$$

$$v = at = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \cdot t$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2 (0,5 - 0,02 \cdot 0,866)}} = 2,9 \text{ с}$$

$$v = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,5 - 0,02 \cdot 0,866) \cdot 2,9 \text{ с} = 13,7 \text{ м/с}$$

Відповідь:  $v = 13,7 \text{ м/с}$ ,  $t = 2,9 \text{ с}$

**Задача 3.** На похилій площині, завдовжки 13 м і заввишки 5 м, лежить вантаж, маса якого 26 кг. Коефіцієнт тертя між вантажем і дошкою 0,5. Яку силу потрібно прикласти до вантажу вздовж похилої площини, щоб його витягнути? Рух вважати рівноприскореним із прискоренням  $0,5 \text{ м/с}^2$ .

Дано :

$$h = 5 \text{ м}$$

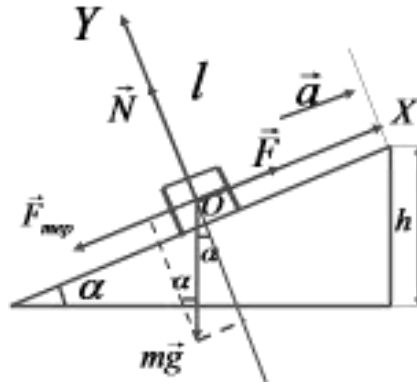
$$l = 13 \text{ м}$$

$$m = 26 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,5$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$F = ?$$



$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тер}} = m\vec{a}$$

$$OX: F - F_{\text{тер}} - mg \sin \alpha = ma$$

$$OY: N - mg \cos \alpha = 0$$

Враховавши, що

$$F_{\text{тер}} = \mu N;$$

$$\frac{h}{l} = \sin \alpha;$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

$$F - \mu N - mg \frac{h}{l} = ma$$

$$N - mg \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} = 0 \qquad N = mg \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2}$$

$$F - \mu mg \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} - mg \frac{h}{l} = ma \qquad F = ma + \mu mg \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} + mg \frac{h}{l}$$

$$\text{Відповідь: } F = 132 \text{ Н}$$

### 3. Запитання на закріплення вивченого.

1. Без якої сили неможливо зрушити будь-який предмет?
2. Як зміниться сила тертя ковзання при переміщенні вантажу по горизонтальній поверхні, якщо силу нормального тиску збільшити в 4 рази?
3. Силу нормального тиску при переміщенні вантажу по горизонтальній поверхні зменшили у 5 разів. Як змінився коефіцієнт тертя ковзання?
4. Від яких чинників залежить сила тертя ковзання?

#### 4. Домашнє завдання.

**Повторити:** параграф 15 - 21.

**Задача 1.** Водій вимкнув двигун автомобіля і почав гальмувати на горизонтальній дорозі при швидкості 72 км/год. Визначити гальмівний шлях автомобіля, якщо коефіцієнт тертя під час гальмування дорівнює 0,2.

**Задача 2.** Горизонтальною дорогою тягнуть за мотузку під кутом  $30^\circ$  санки з вантажем, загальна маса яких 80 кг. Сила натягу 50 Н. Визначити коефіцієнт тертя ковзання, якщо санки рухаються рівномірно та з прискоренням  $0,15 \text{ м/с}^2$ .

**Задача 3.** Якої швидкості набувають санки наприкінці спуску з гори заввишки 10 м, кут нахилу якої до горизонту становить  $30^\circ$ ? Коефіцієнт тертя між санками і снігом дорівнює 0,2. Швидкість санок на початку схилу дорівнює 0.

**Задача 4.** До якої максимальної швидкості зі старту може розігнатися автомобіль за 10 с рівноприскореного руху, якщо коефіцієнт тертя між шинами та дорогою дорівнює 0,3?