



# РУХ ТІЛА ПІД ДІЄЮ ДЕКІЛЬКОХ СИЛ.

**1** Алгоритм розв'язування задач

**2** Рух тіла по горизонтальній поверхні

**3** Рух тіла по похилій площині

**4** Розв'язування задач

# АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ

---

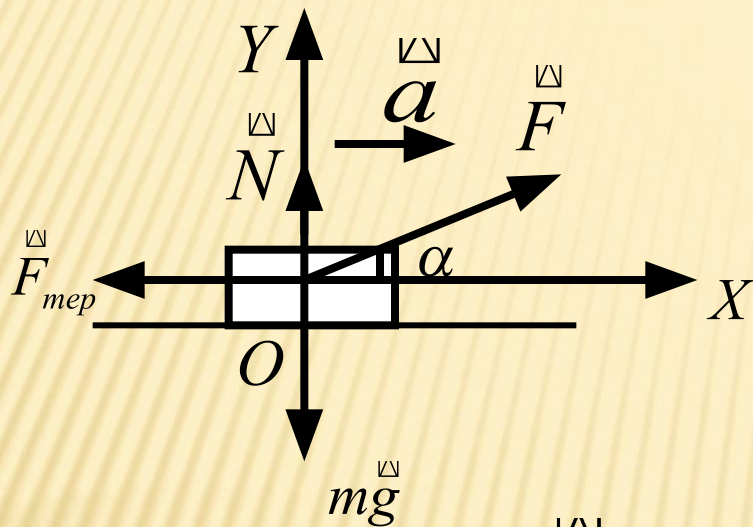
- ❖ Визначити характер і напрям руху тіла;
- ❖ Встановити, з якими тілами взаємодіє тіло.
- ❖ Зробити рисунок, показати всі сили, що діють на тіло.
- ❖ Обрати тіло відліку і зв'язати з ним систему координат.
- ❖ Записати у векторній формі рівняння другого закону Ньютона для кожного з тіл.
- ❖ Спроекувати на координатні осі сили, прискорення, швидкості.
- ❖ Записати рівняння другого закону Ньютона в проекціях на координатні осі, врахувавши знаки проекцій векторів.



# АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ

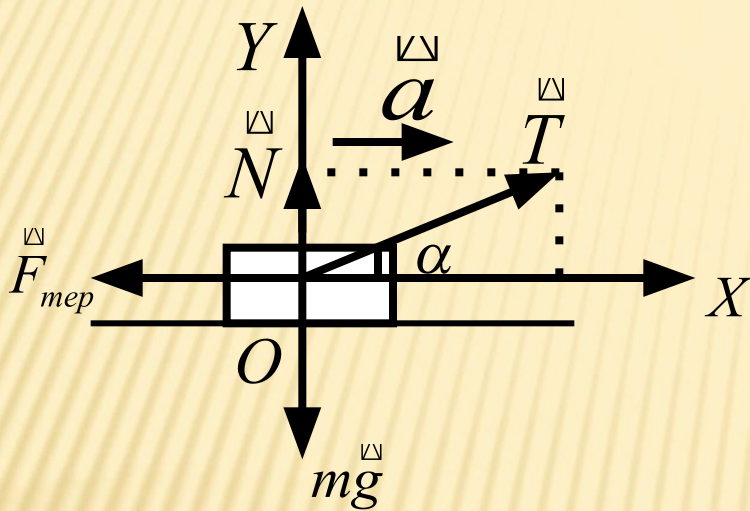
- ❖ Якщо в одержаному рівнянні (рівняннях) кількість невідомих величин дорівнює кількості рівнянь, то задача може бути розв'язана.
- ❖ Інакше треба записати додаткові рівняння або кінематичні формули, виходячи з умови задачі.
- ❖ Розв'язати рівняння (систему рівнянь) одним з відомих методів, одержавши остаточно розрахункову формулу.
- ❖ Визначити числові значення невідомих величин, оцінити їх вірогідність; виконати дії над одиницями вимірювання.
- ❖ Проаналізувати отриману відповідь.

# КОВЗАННЯ ТІЛА ПО ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ



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

# КОВЗАННЯ ТІЛА ПО ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ. ЗАДАЧА №1.



Тіло масою 10 кг тягнуть по горизонтальній поверхні за мотузку, прикладаючи при цьому силу 50 Н, напрямлену під кутом  $30^\circ$  до горизонту. Прискорення тіла  $5 \text{ м/с}^2$ . Визначити коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею.



ПОВ'ЯЖЕМО СИСТЕМУ КООРДИНАТ ІЗ ТІЛОМ НА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ, СПРЯМУЄМО ВІСЬ ОУ ВЕРТИКАЛЬНО ВГОРУ, ВІСЬ ОХ – ГОРИЗОНТАЛЬНО.

ЗАПИШЕМО ДРУГИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА У ВЕКТОРНОМУ ВИГЛЯДІ:

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

Спроектуємо рівняння на осі координат:

$$\text{ОХ: } T \cos \alpha - F_{\text{тер}} = ma$$

$$\text{ОУ: } T \sin \alpha + N - mg = 0 \qquad N = mg - T \sin \alpha$$

$$F_{\text{тер}} = \mu N$$

$$F_{\text{тер}} = \mu N = \mu(mg - T \sin \alpha)$$

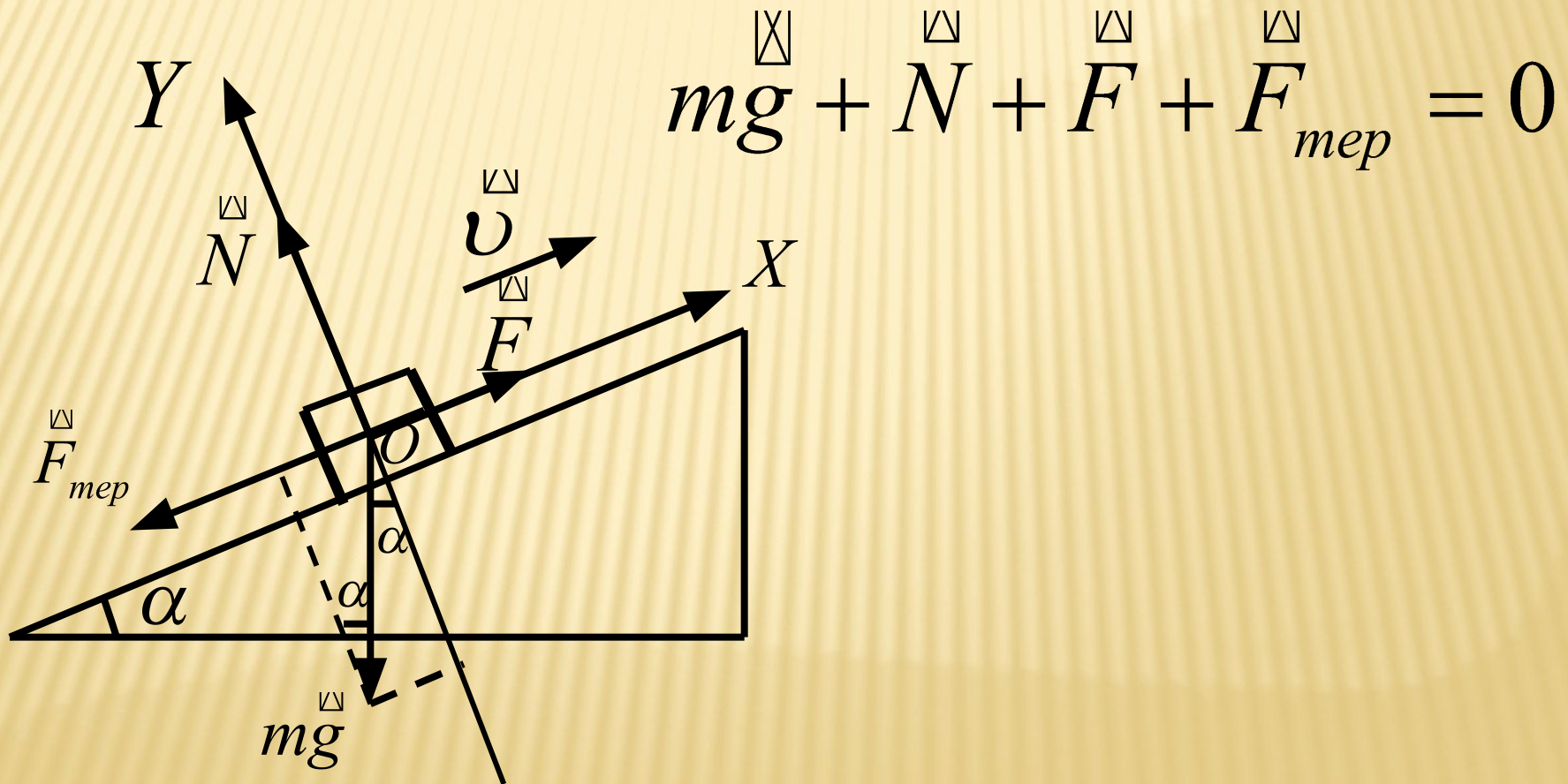
$$T \cos \alpha - \mu(mg - T \sin \alpha) = ma$$

$$\mu = \frac{T \cos \alpha - ma}{mg - T \sin \alpha}$$

$$[\mu] = \frac{H - \kappa\mathcal{L} \cdot M / c^2}{\kappa\mathcal{L} \cdot M / c^2 - H} = \frac{H}{H} = 1$$

# РІВНОМІРНИЙ РУХ ТІЛА ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ.

- ❖ Тіло рухається вгору (рівномірний рух):

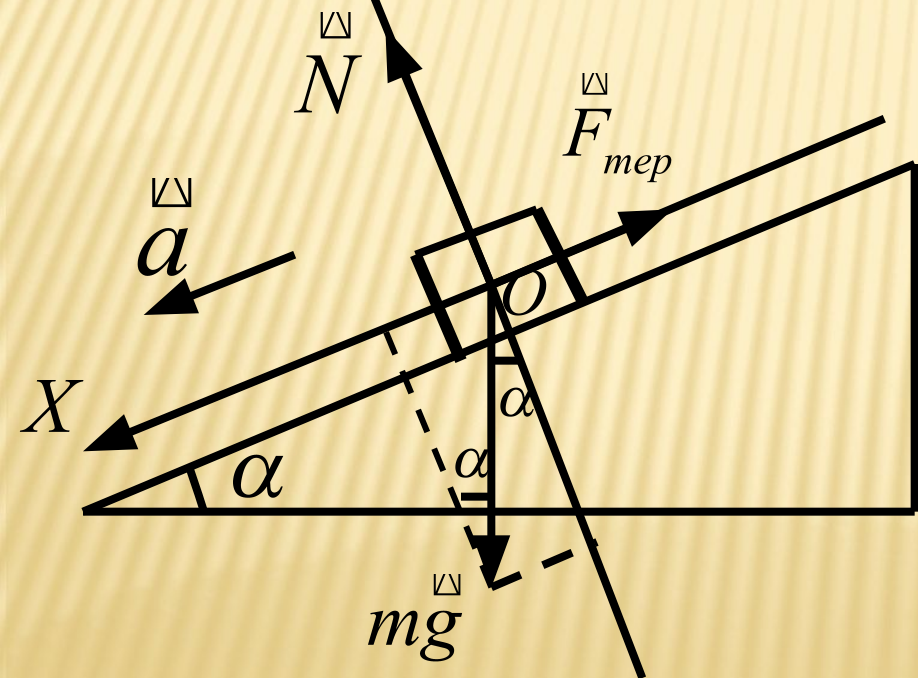




# РІВНОПРИСКОРЕНИЙ РУХ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ.

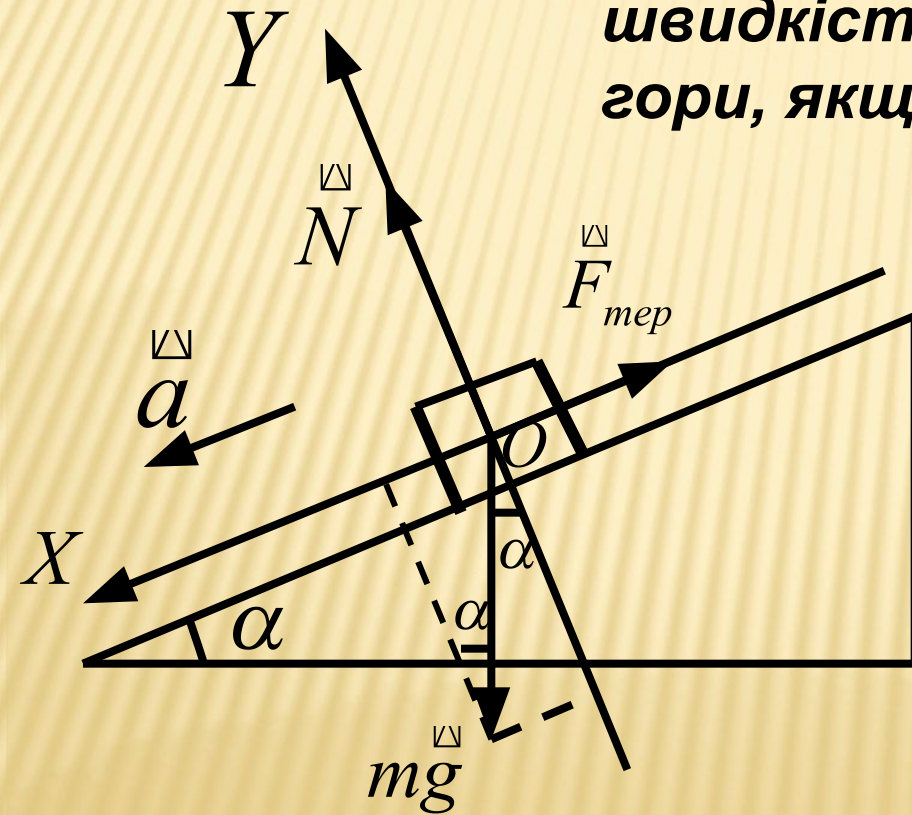
❖ Тіло рухається вниз:

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



# РІВНОПРИСКОРЕНИЙ РУХ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ. ЗАДАЧА №2.

**Сани масою 100 кг скотилися з гори завдовжки 30 м, яка нахилена під кутом  $30^\circ$  до горизонту. Коли і з якою швидкістю вони досягнуть підніжжя гори, якщо коефіцієнт тертя 0,02?**



# НА САНИ ДІЮТЬ СИЛА ТЯЖІННЯ, СИЛА РЕАКЦІЇ ОПОРИ І СИЛА ТЕРТЯ.

Дано :

$$l = 30 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,02$$

$$m = 100 \text{ кг}$$

$t = ?$

$v = ?$

$$mg + N + F_{\text{тер}} = ma$$

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

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

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

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

**При рівноприскореному русі без початкової швидкості шлях:**

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

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2 (0,5 - 0,02 \cdot 0,866)}} = 3,56 \text{ с}$$

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

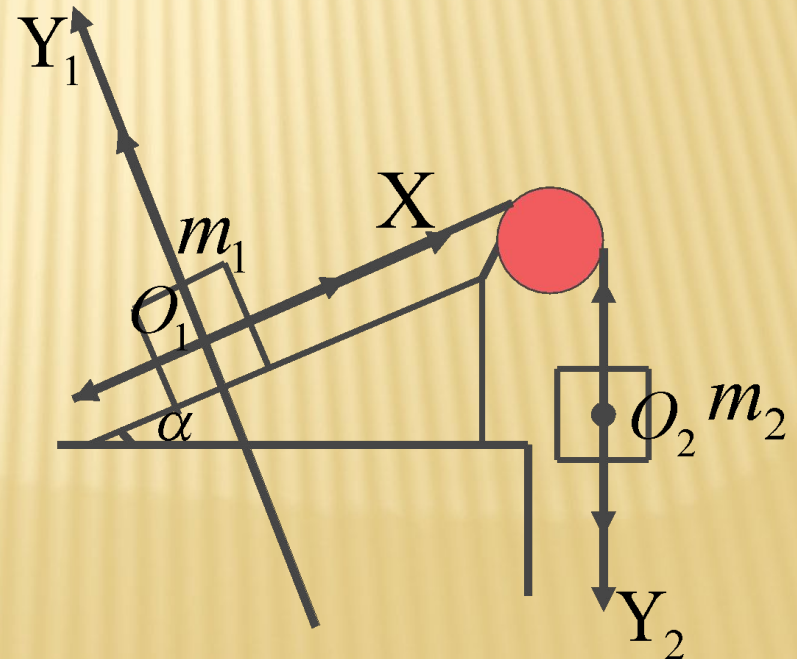
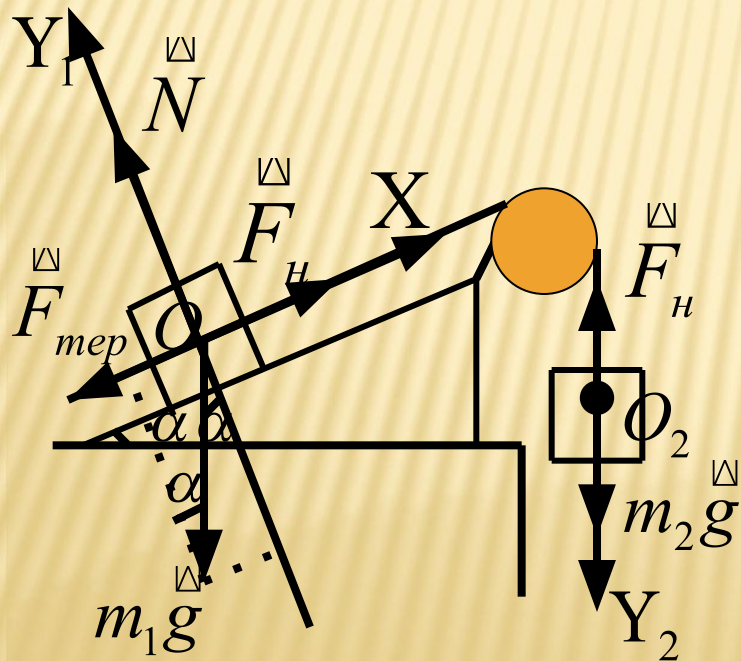
$$v = 9,8 \text{ м/с}^2 (0,5 - 0,02 \cdot 0,866) \cdot 3,56 \text{ с} = 16,85 \text{ м/с}$$



# РУХ ЗВ'ЯЗАНИХ СИСТЕМ. ЗАДАЧА N°3.

Вантажі мають маси  $m_1 = 3\text{кг}$ ,  $m_2 = 2\text{кг}$ .

З яким прискоренням рухаються вантажі і в який бік, якщо коефіцієнт тертя першого тіла об похилу площину  $0,3$ ? Яка сила натягу шнура? ( $\alpha = 30^\circ$ ).



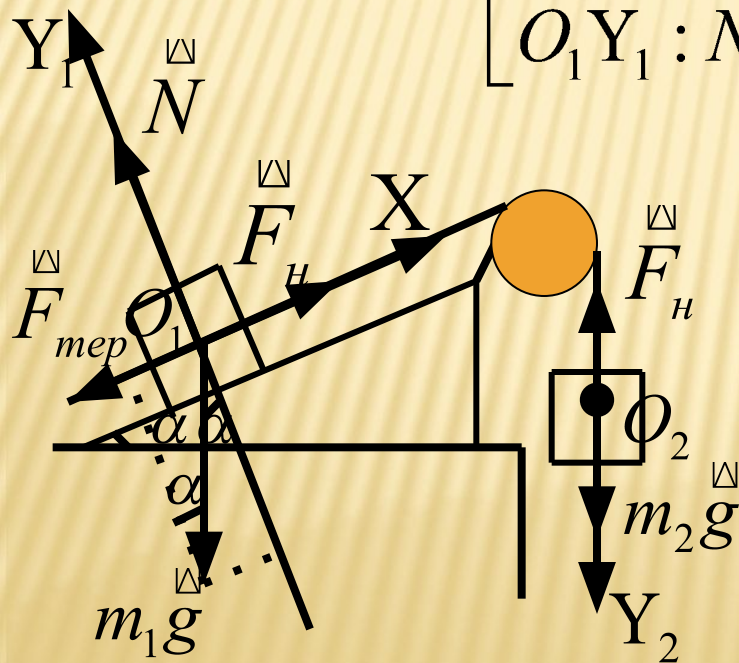
ПРИПУСТИМО, ЩО ПЕРШИЙ ВАНТАЖ ПІДНІМАЄТЬСЯ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ, А ДРУГИЙ ОПУСКАЄТЬСЯ.

□ За другим законом Ньютона:

$$m_1 g + N + F_H + F_{\text{тер}} = m_1 a \qquad m_2 g + F_H = m_2 a$$

В проекціях на осі:  $\left[ \begin{array}{l} O_1 X : F_H - m_1 g \sin \alpha - F_{\text{тер}} = m_1 a (1) \\ O_1 Y_1 : N - m_1 g \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = m_1 g \cos \alpha (2) \end{array} \right]$

$$O_2 Y_2 : m_2 g - F_H = m_2 a (3)$$



## ДОДАМО ДВА РІВНЯННЯ:

$$\left[ \begin{array}{l} F_H - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha = m_1 a \\ m_2 g - F_H = m_2 a \end{array} \right]$$

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

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

$$[a] = \frac{\mathcal{M} \cdot \mathcal{K}\mathcal{Z}}{\mathcal{C}^2 \cdot \mathcal{K}\mathcal{Z}} = \mathcal{M} / \mathcal{C}^2$$

$$a = \frac{9,8(2 - 3(0,5 + 0,3 \cdot 0,866))}{3 + 2} = -0,56 \mathcal{M} / \mathcal{C}^2$$

$$F_H = m_2(g - a)$$

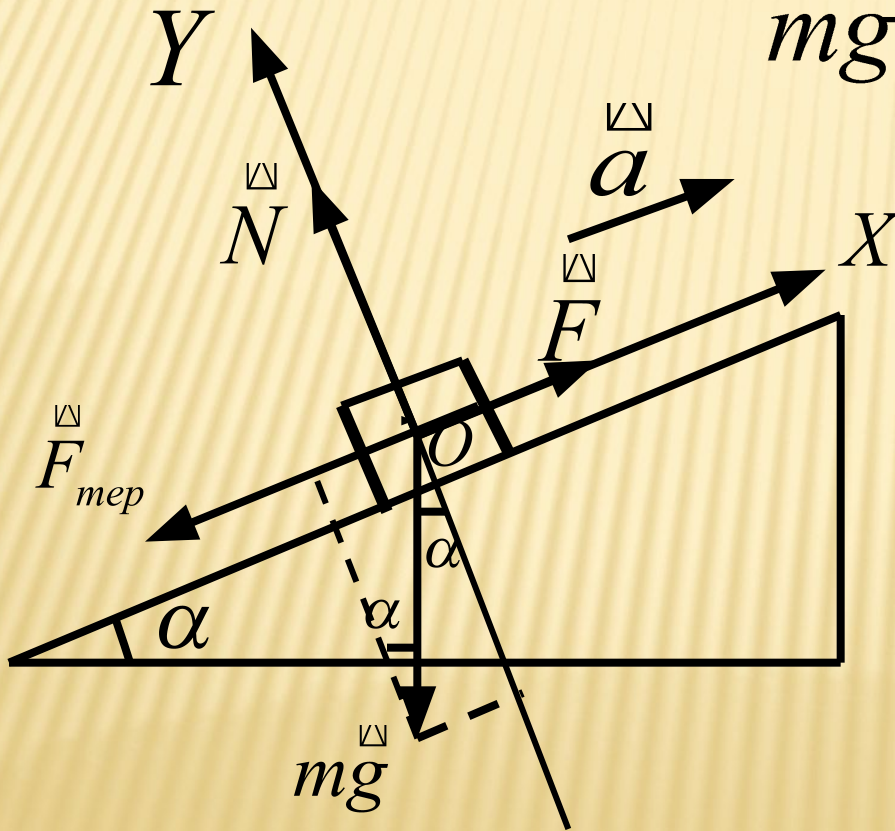
$$F_H = 20,72 \mathcal{H}$$



# РІВНОПРИСКОРЕНИЙ РУХ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ.

- Тіло рухається вгору.

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



## ЗАДАЧА №4.

---

На похилій площині, довжиною 13 м і висотою 5 м, знаходиться 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  $0,5 \text{ м/с}^2$ .

ВИКОНАТИ РИСУНОК, ЗОБРАЗИТИ СИЛИ, КООРДИНАТНІ ВІСІ.

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

Дано :

$$h = 5\text{ м}$$

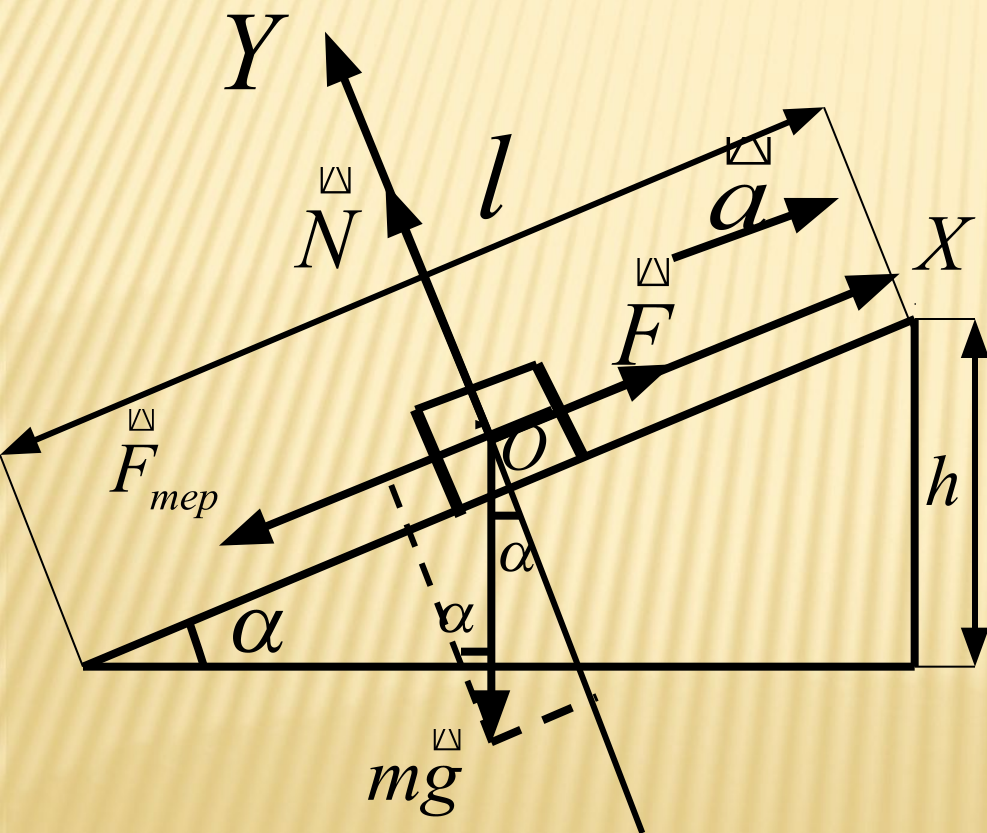
$$l = 13\text{ м}$$

$$m = 26\text{ кг}$$

$$\mu = 0,5$$

$$a = 0,5\text{ м/с}^2$$

$F$  – ?





# РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ.

$$mg + N + F + F_{\text{тер}} = ma$$

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

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

Враховавши, що  $F_{\text{тер}} = \mu N$ ;  $\frac{h}{l} = \sin \alpha$ ;  $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2}$

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

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

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

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

Відповідь:  $F=132 \text{ Н}$

# «ЯКЩО НЕ ЗНАЄШ, ЯК РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧУ, ПОЧНИ ЇЇ РОЗВ'ЯЗУВАТИ».

---

Отже, розв'язуючи будь-яку задачу з динаміки, необхідно:

- 1) виконати пояснювальний рисунок,
- 2) вказати сили, та записати рівняння другого закону Ньютона,
- 3) обрати систему відліку, знайти проекції (слід знати, як напрямлені сили, коли вони виникають і за якими формулами визначаються).

**Головне:** «Якщо не знаєш, як розв'язувати задачу, почни її розв'язувати».

Не потрібно боятися зробити хибний крок.

Навчитися розв'язувати задачі з фізики може кожен, потрібно тільки їх розв'язувати.

Ви познайомились із розв'язуванням деяких типових задач із динаміки.

Звичайно, розглянути всі типи задач неможливо.

Але головне – у вас є алгоритм розв'язування й приклади роботи з цим алгоритмом.

Решта за вами.

Бажаю Удачі !!!