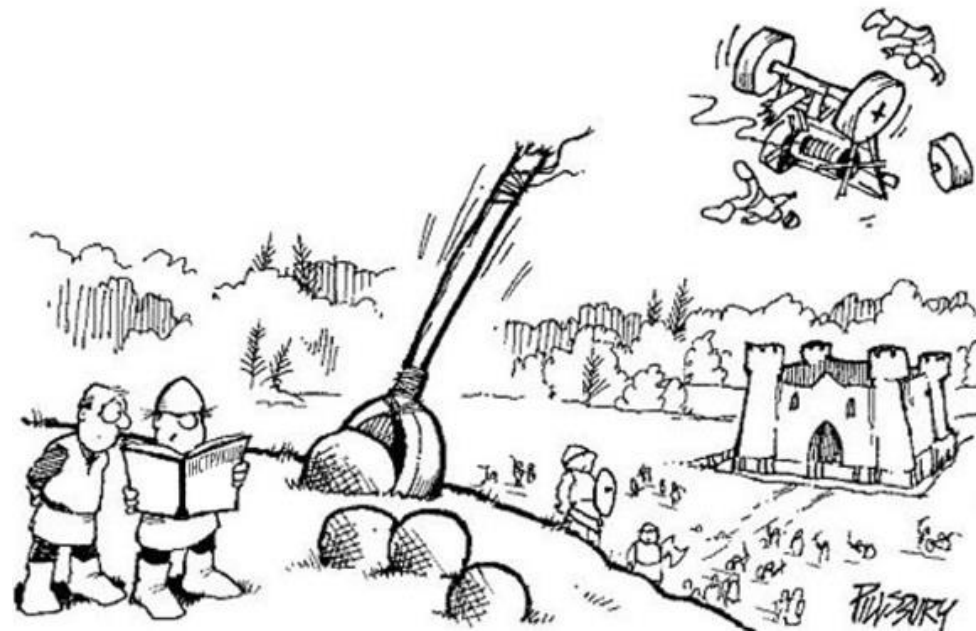


Тема 3

# Класична механіка

## Ч.1. Кінематика, закони Ньютона та закон збереження імпульсу.

### Прості механізми



## Механіка

```
graph TD; A[Механіка] --> B[Статика]; A --> C[Кінематика]; A --> D[Динаміка];
```

Статика

Динаміка

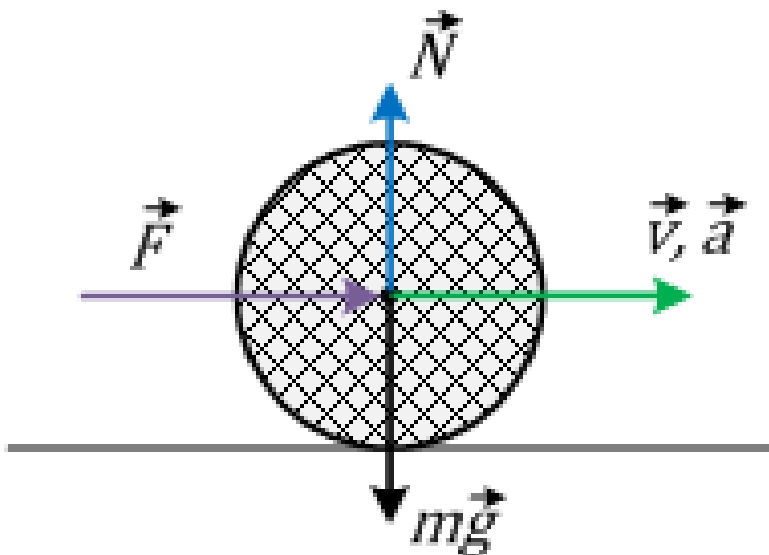
Кінематика

# Скалярні та векторні величини

Фізичні величини поділяють на *скалярні* та *векторні*.

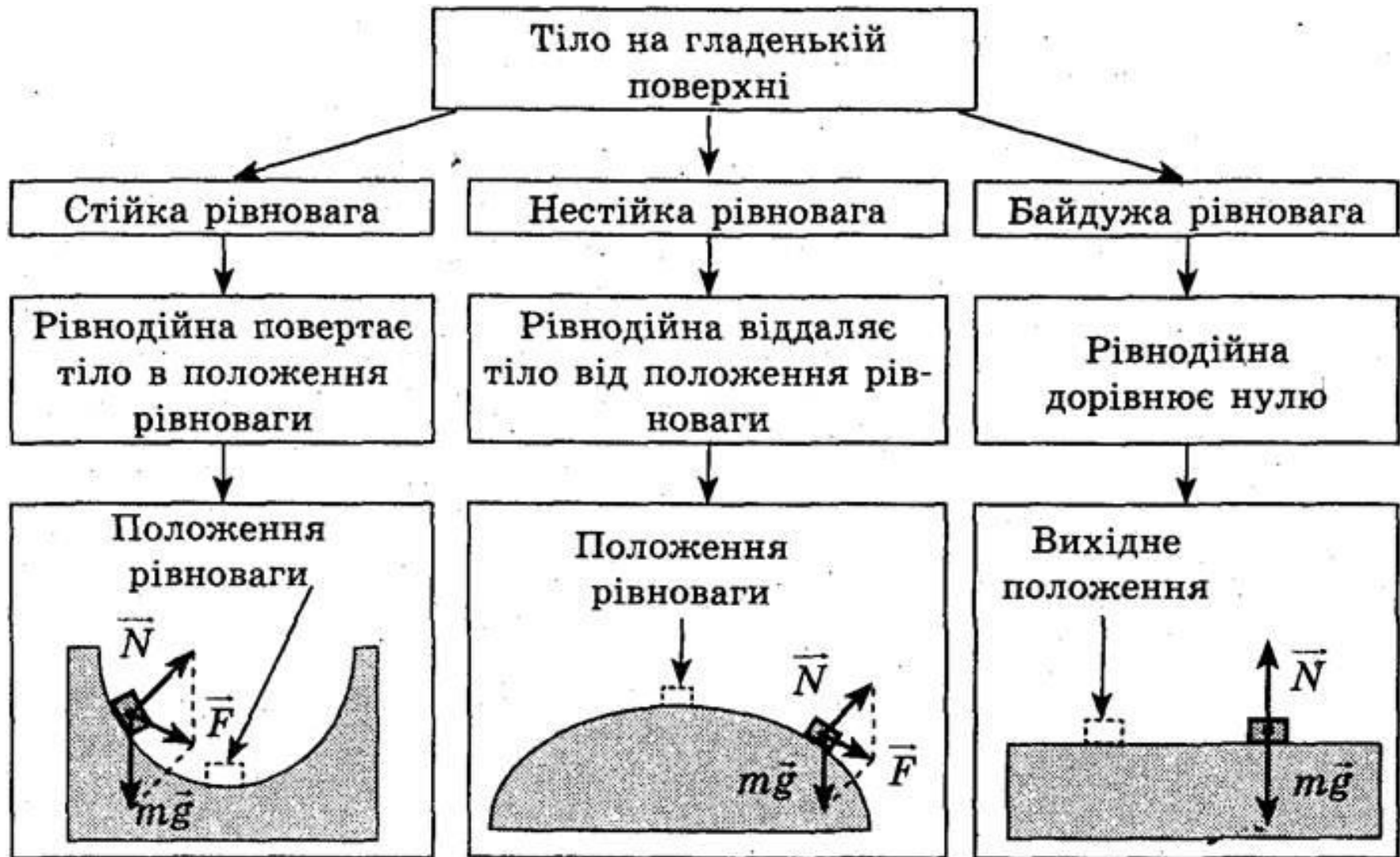
**Скалярні** фізичні величини - це такі, що характеризуються числом та одиницею вимірювання.

**Векторні** фізичні величини характеризуються напрямком, числом (абсолютною величиною) та одиницею вимірювання.



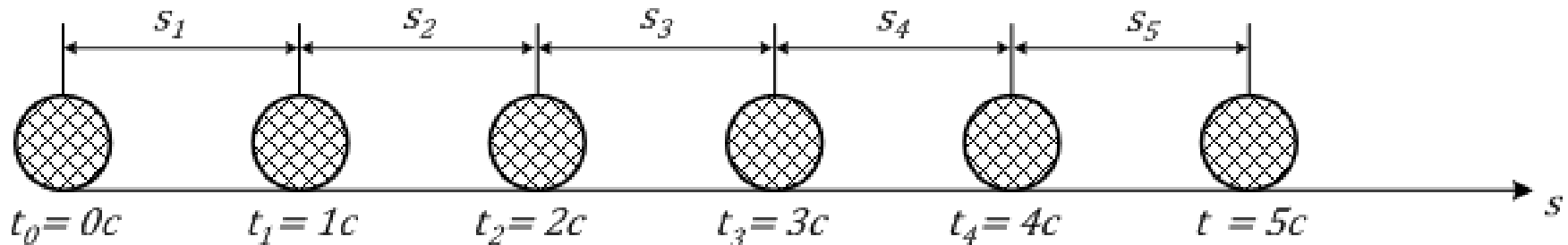
Приклад: маса - скалярна величина, вага (сила, з якою тіло давить на опору) - векторна величина.

Скалярні величини в механіці - це маса, шлях і час, а всі інші (швидкість, прискорення, імпульс, сила тощо) - векторні величини.



Рівномірний рух - це такий рух, коли за рівні проміжки часу тіло проходить однакові відстані, тобто швидкість тіла залишається сталою.

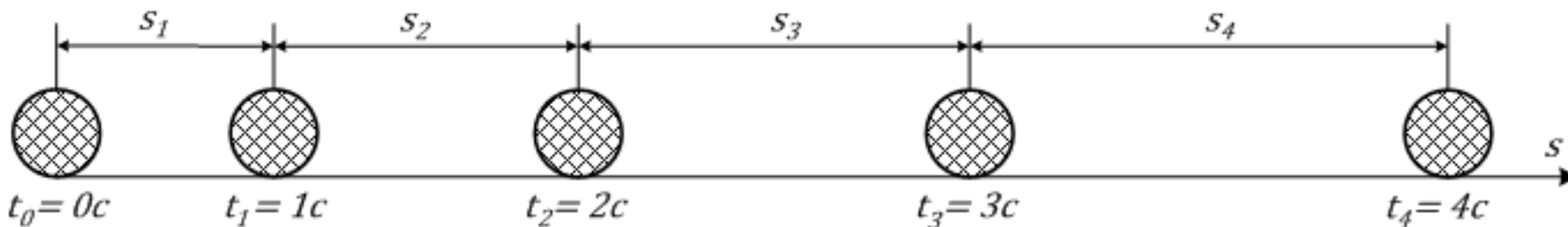
$$v = \frac{s}{t} = \text{const}$$



$$t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \dots = t_{k+1} - t_k$$

$$s_1 = s_2 = s_3 = s_4 = s_5 = \dots = s_k$$

Прискорений рух - це такий рух, при якому швидкість тіла змінюється, тобто за однакові проміжки часу тіло проходить різні проміжки шляху.

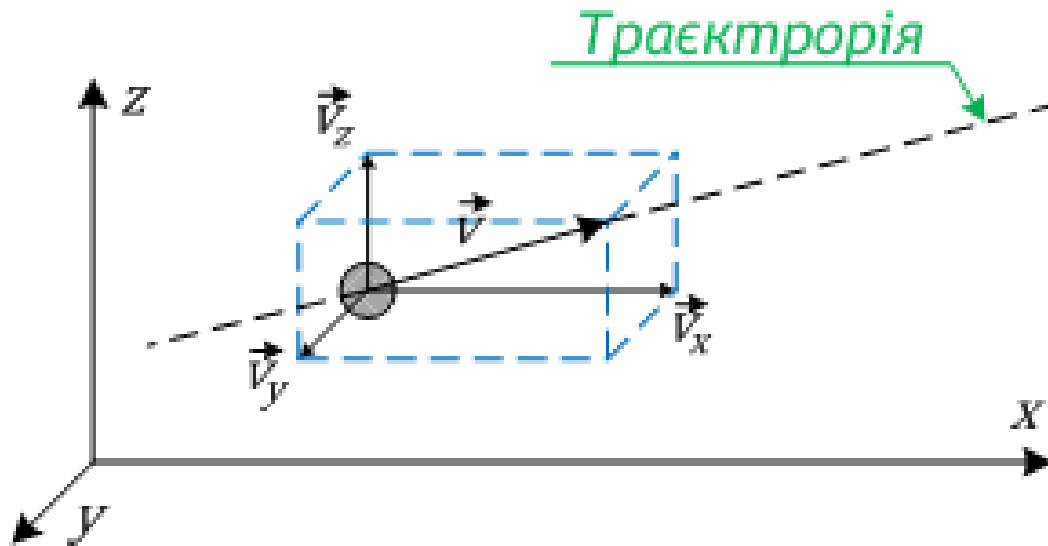


Якщо швидкість тіла збільшується, то такий рух називається *прискореним*, а якщо зменшується - то *уповільненим*.

**Прискорення** - це векторна величина, фізичний зміст якої полягає у тому, що це швидкість зміни швидкості. Напрямок прискорення завжди співпадає із напрямком швидкості. Одиниця вимірювання прискорення -

$$\left[ \frac{\frac{m}{c}}{c} \right] = \left[ \frac{m}{c^2} \right]$$

Прямолінійний рух - це такий рух, траєкторія якого є прямою лінією.



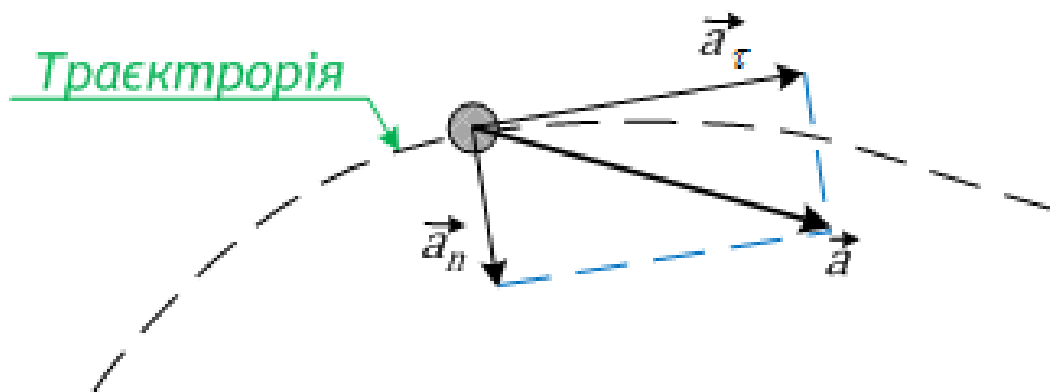
При прямолінійному русі вектор швидкості розкладається на свої складові по осям координат і кінематичне рівняння руху записується у координатній формі:

$$x = f_x(t), y = f_y(t), z = f_z(t)$$

Миттєва швидкість:  $\vec{v} = i\vec{v}_x + j\vec{v}_y + k\vec{v}_z$ , де  $\vec{v}_x = \frac{dx}{dt}$ ,  $\vec{v}_y = \frac{dy}{dt}$ ,  $\vec{v}_z = \frac{dz}{dt}$  - проекції швидкості на вісі координат.

Прискорення:  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = i\vec{a}_x + j\vec{a}_y + k\vec{a}_z = i\frac{d\vec{v}_x}{dt} + j\frac{d\vec{v}_y}{dt} + k\frac{d\vec{v}_z}{dt}$

# Криволінійний рух (або рух по колу)



При криволінійному русі прискорення можна представити як суму нормальної і тангенціальної складових:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

Абсолютні значення цих складових:  $a_n = \frac{v^2}{R}$ ,  $a_\tau = \frac{dv}{dt}$ ,  $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ ,

де  $R$  - радіус кривизни у даній точці траєкторії.

Складна траєкторія розбивається на ділянки зі сталою кривизною (ділянки сталого радіуса) і аналізуються окремо.



1. Якщо на тіло не діють ніякі сили, то воно або знаходиться у спокої, або рухається рівномірно і прямолінійно.
2. Швидкість зміни в часі деякої величини, яку називають кількістю руху (або імпульсом), пропорційна силі:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

Якщо на тіло діє декілька сил, то геометрична сума усіх зовнішніх сил дорівнює добутку маси тіла на прискорення, з яким рухається тіло під впливом всіх сил:

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

3. Сила дії дорівнює силі протидії:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Закони Ньютона є узагальненням дослідів і не виводяться з інших законів. Сили в законах Ньютона також можна розкласти на покоординатні складові.

Імпульс - це добуток маси тіла на його швидкість. При механічних процесах (рухах та зіткненнях тіл) імпульс *зберігається*, тобто залишається сталим:

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

Цей вираз називається **законом збереження імпульсу**, і за його допомогою розраховуються зіткнення тіл.

Розрізняють *пружне* та *непружне* зіткнення.

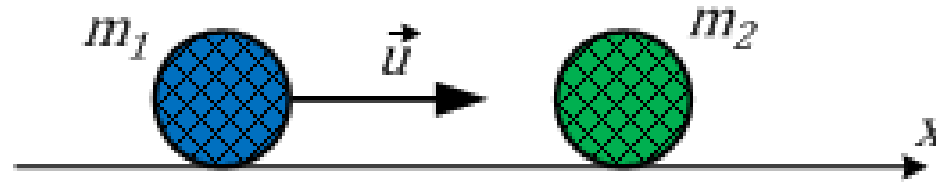
У випадку пружного зіткнення після удару тіла рухаються в протилежних напрямках, а у випадку непружного - в одному напрямку (в напрямку руху важчого тіла).

Імпульс інколи ще називають *кількістю руху*.

# Закон збереження імпульсу

## Пружне зіткнення

До зіткнення:



Після зіткнення:



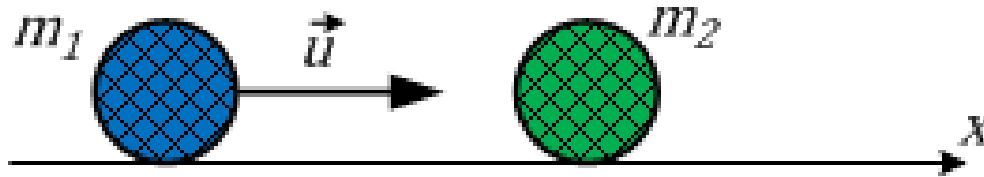
$$m_1 \vec{u} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \Leftrightarrow m_1 u = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

$$E_{к1}^* = \frac{1}{\eta} (E_{к1} + E_{к2}) \Leftrightarrow \frac{m_1 u^2}{2} = \frac{1}{\eta} \left( \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \right)$$

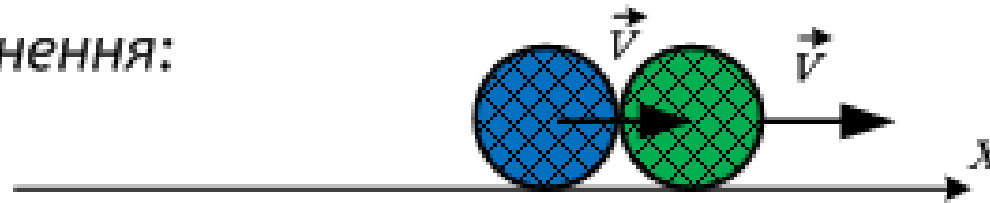
# Закон збереження імпульсу

## Непружне зіткнення

До зіткнення:



Після зіткнення:



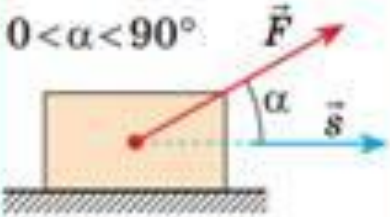
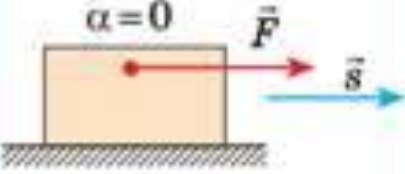
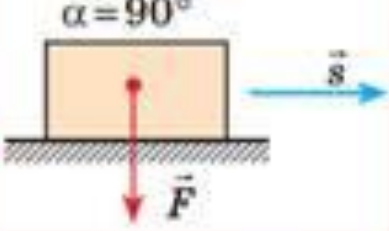
$$m_1 \vec{u} = m_1 \vec{v} + m_2 \vec{v} \Leftrightarrow m_1 u = v(m_1 + m_2)$$

$$E_{k1}^* = \frac{1}{\eta} (E_{k1} + E_{k2}) \Leftrightarrow \frac{m_1 u^2}{2} = \frac{1}{\eta} \left( \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} \right) = \frac{1}{\eta} \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2)$$

Механічна робота  $A$  – це фізична величина, яка дорівнює добутку модуля сили на модуль переміщення і на косинус кута між силою та переміщенням:

$$A = F s \cos \alpha$$

$$[\text{Дж}] = [\text{Н}] \cdot [\text{м}]$$

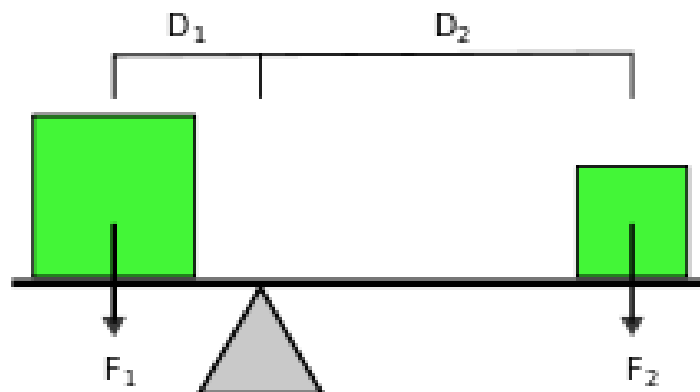
Робота додатна $A > 0$	Робота від'ємна $A < 0$	Робота дорівнює нулю $A = 0$
		
$A = F s \cos \alpha,$ $\cos \alpha > 0$	$A = F s,$ $\cos \alpha = 1$	$A = -F s,$ $\cos \alpha = -1$
		$A = 0,$ $\cos \alpha = 0$

Потужність - це швидкість виконання роботи:

$$W = \frac{A}{t}$$

$$[\text{Вт}] = \frac{[\text{Дж}]}{[\text{с}]}$$



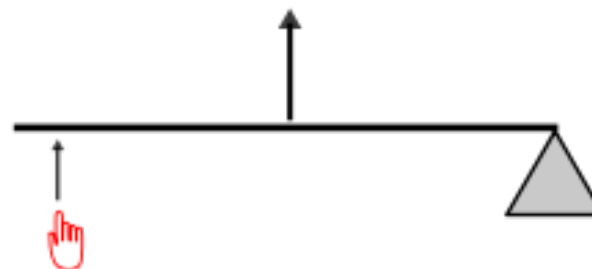


$$F_1 D_1 = F_2 D_2$$

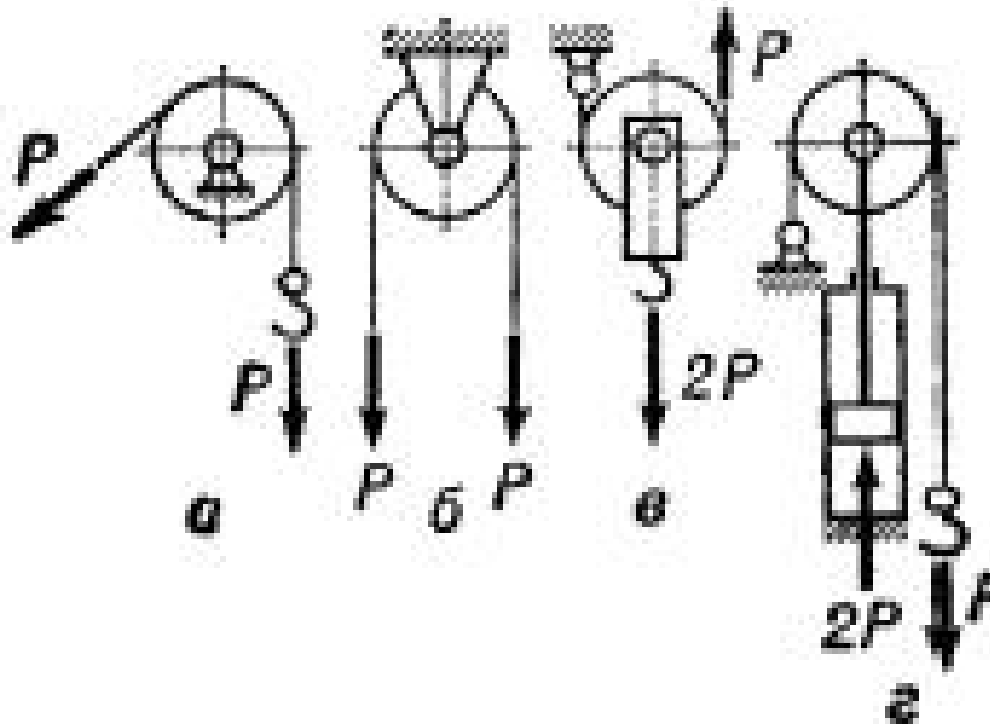
Важіль I-го типу:



Важіль II-го типу:



Важіль дає виграш у швидкості.

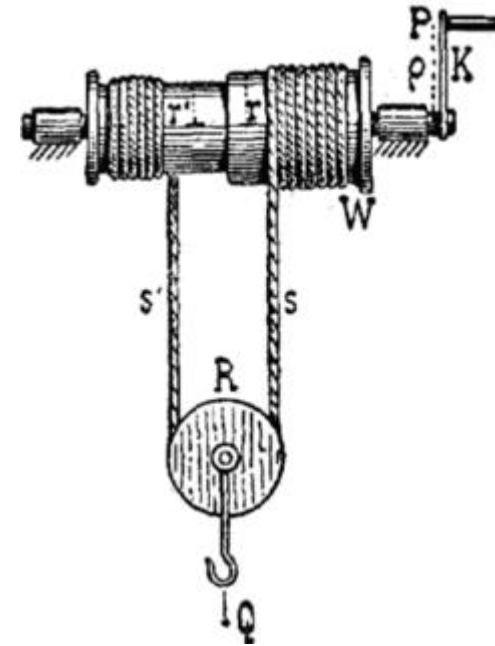
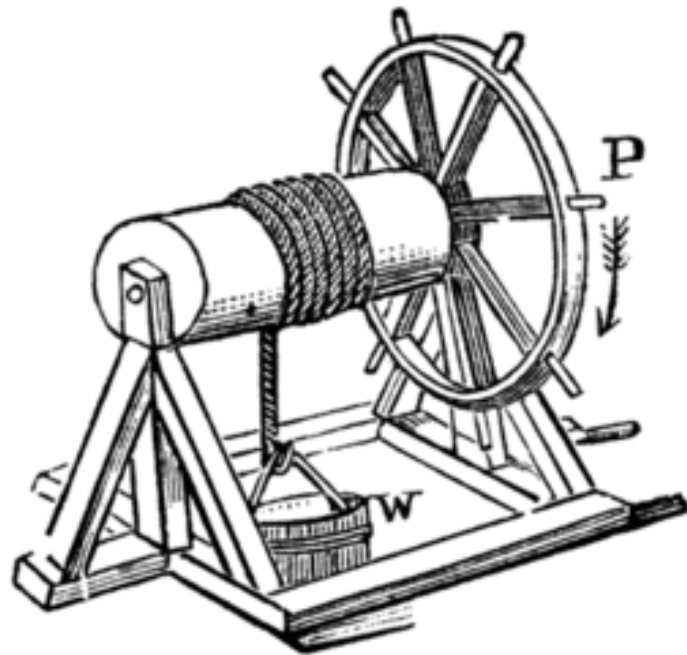


Види блоків: *а* - направляючий, *б* - рівноважний, *в* - рухомий для виграшу в силі, *г* - рухомий для виграшу у відстані.



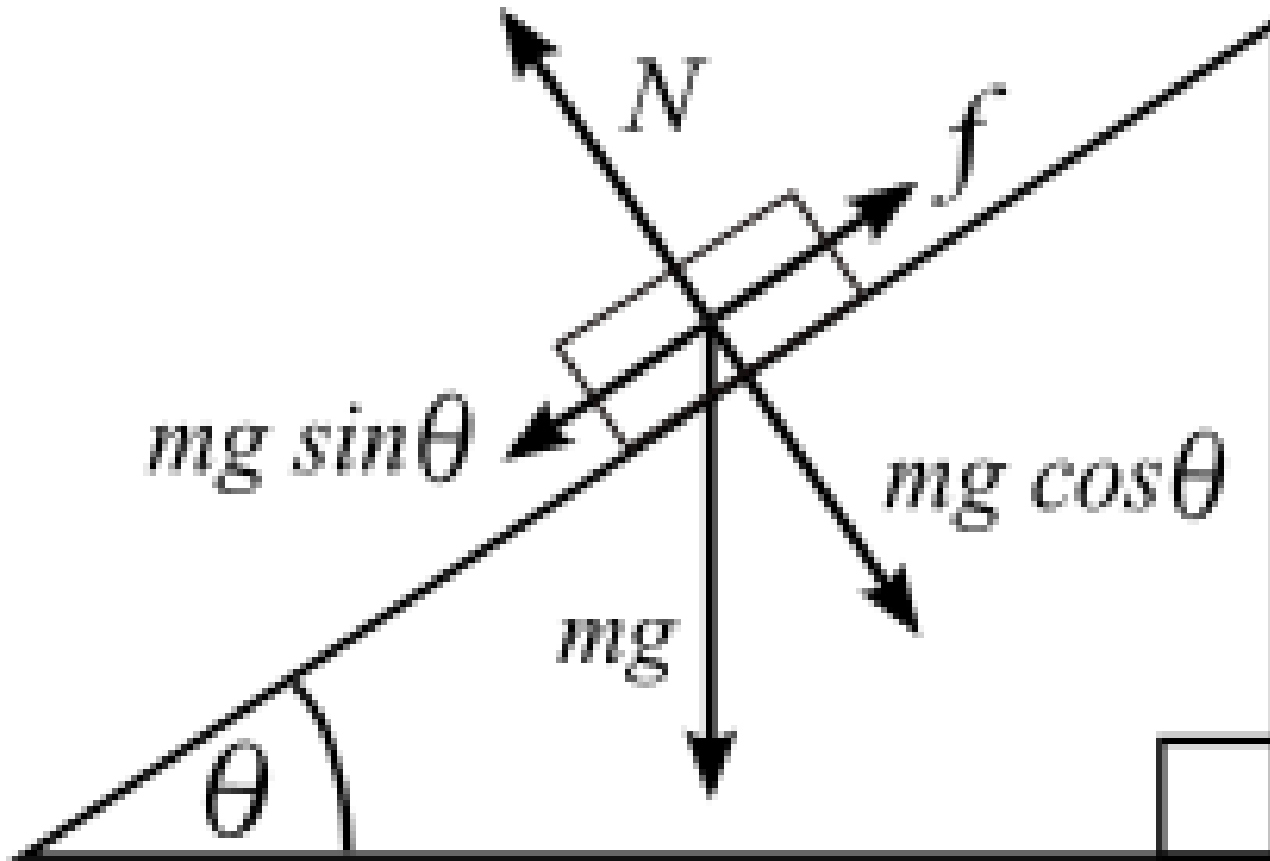
# Прості механізми

## Коловорот



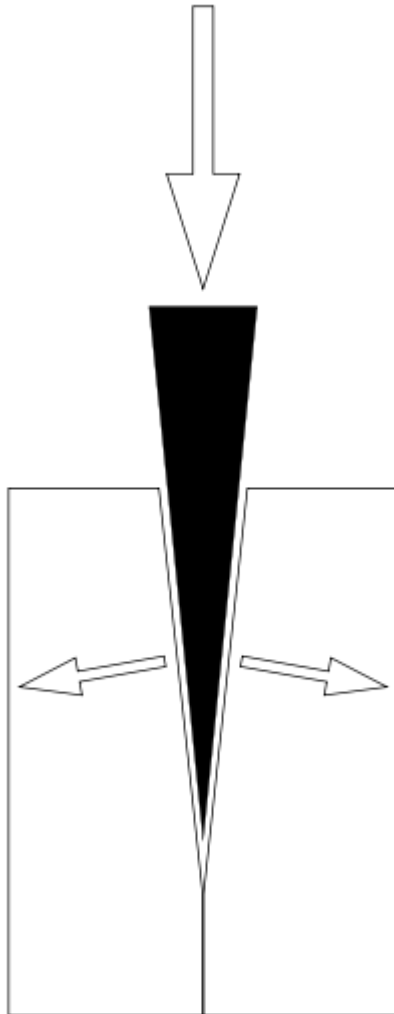
# Прості механізми

## Похила площина

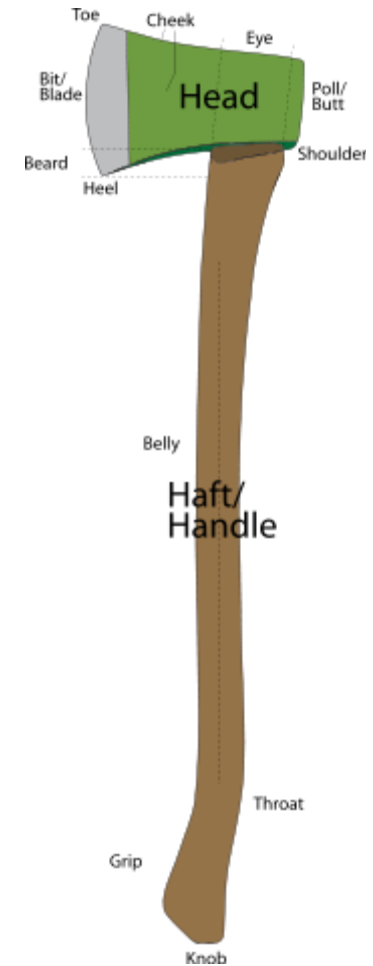


# Прості механізми

## Клин

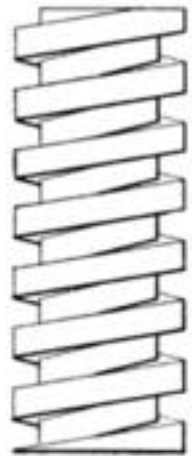


$$F_{\tau} = \frac{F}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$$

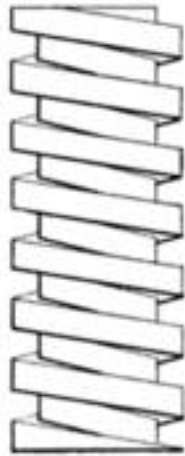


# Прості механізми

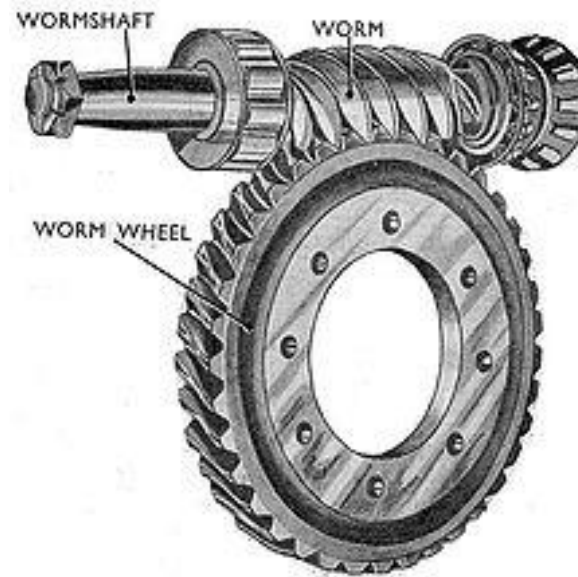
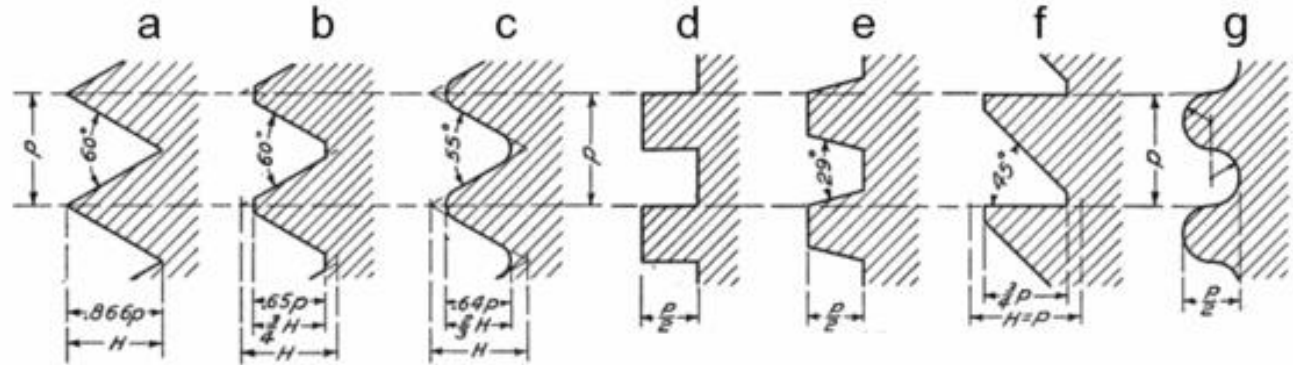
## ГВИНТ



Right-hand



Left-hand



Два тіла притягуються одне до одного із силою, що прямо пропорційна їх масі, та обернено пропорційна квадрату відстані між ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Величина  $G$  є коефіцієнтом пропорційності і називається гравітаційною сталою. Це одна із фундаментальних фізичних констант:  $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ .



Далі буде...

## ...Класична механіка

### Ч.2. Динаміка обертального руху