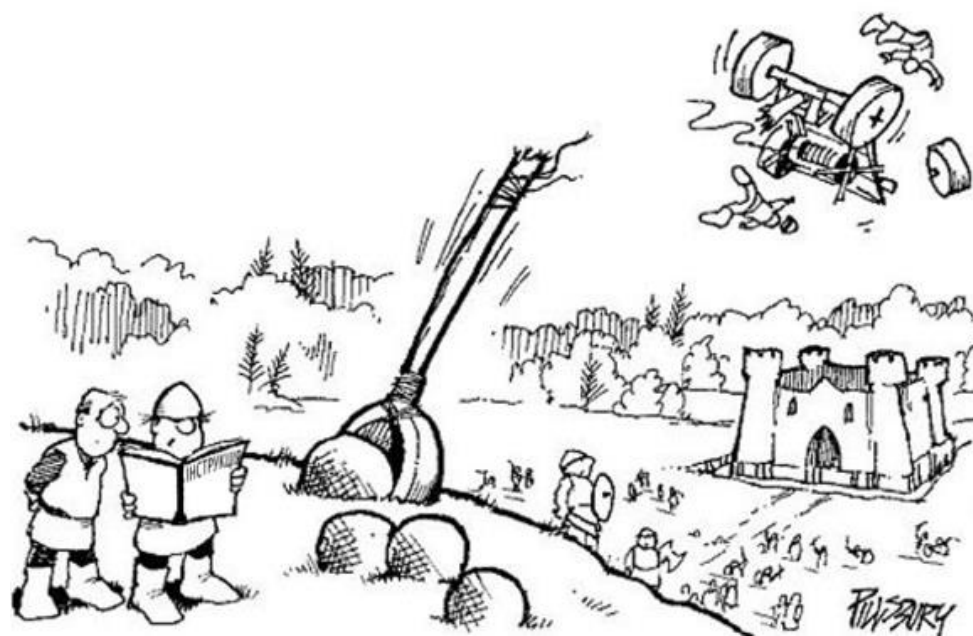


Тема 3

Класична механіка

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

Прості механізми



Механіка

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

Статика

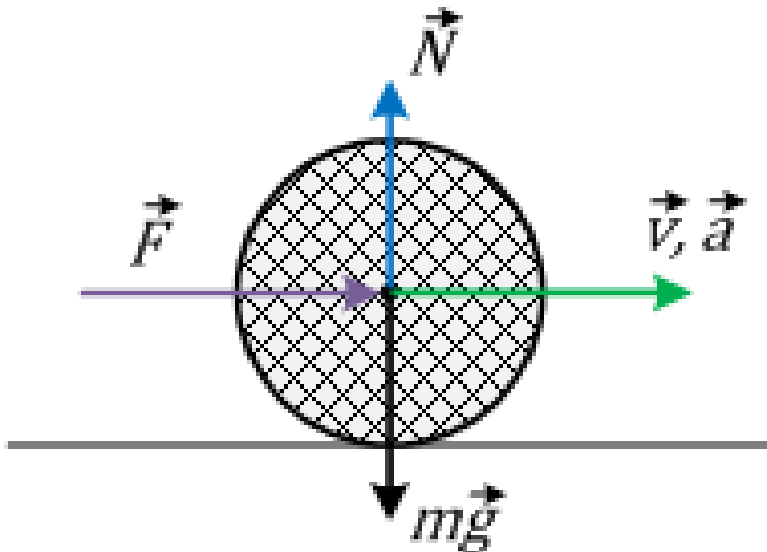
Динаміка

Кінематика

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.

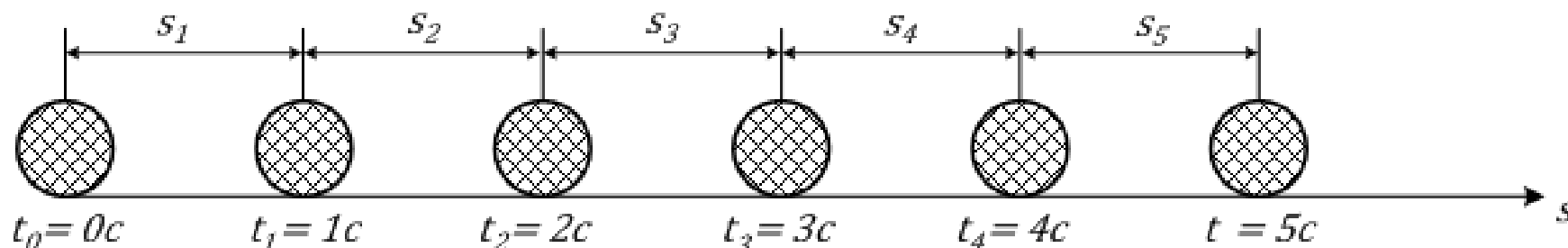


Приклад: маса - скалярна величина, вага (сила, з якою тіло давить на опору) - векторна величина.

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.

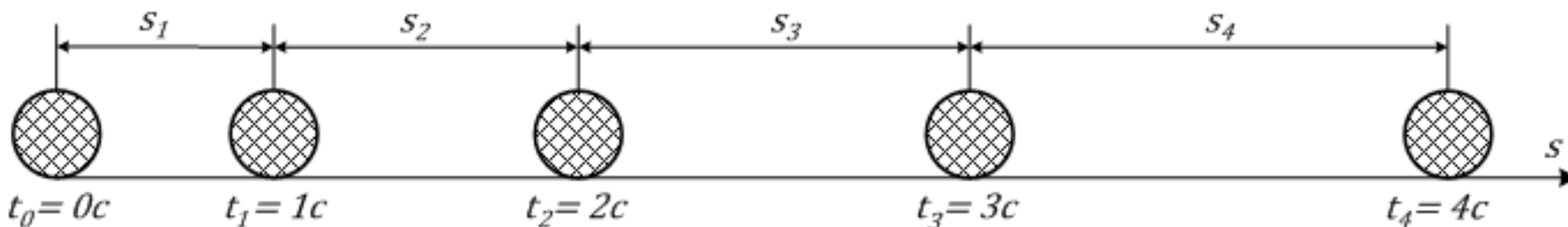
$$v = \frac{s}{t} = \text{const}$$



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

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

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

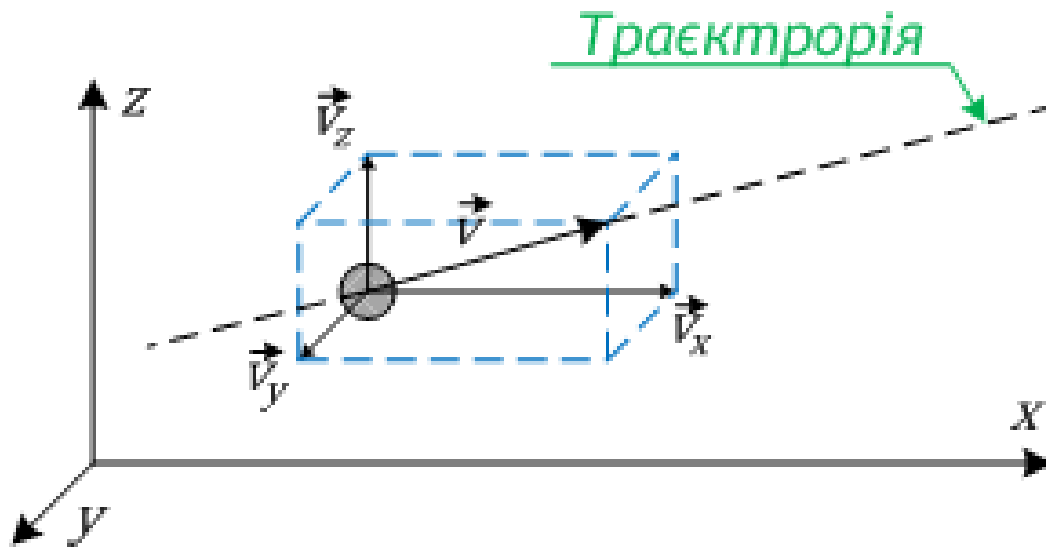


Якщо швидкість тіла збільшується, то такий рух називається *прискореним*, а якщо зменшується - то *уповільненим*.

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.

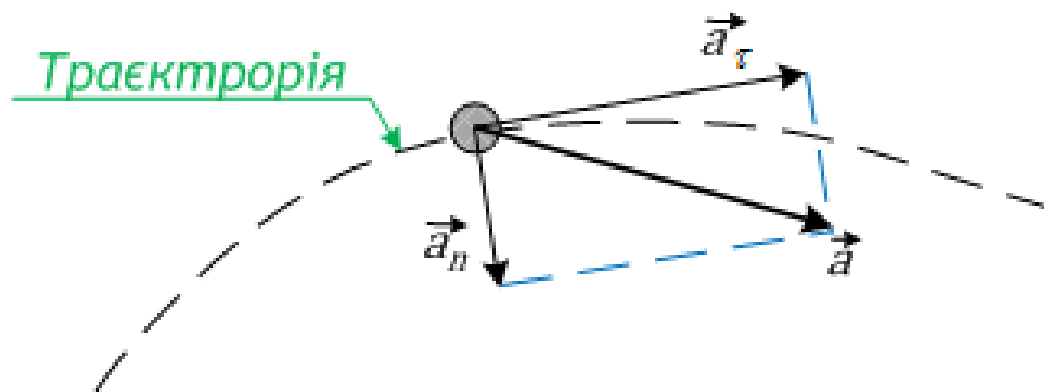


При прямолінійному русі вектор швидкості розкладається на свої складові по осям координат і кінематичне рівняння руху записується у координатній формі:

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

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



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.

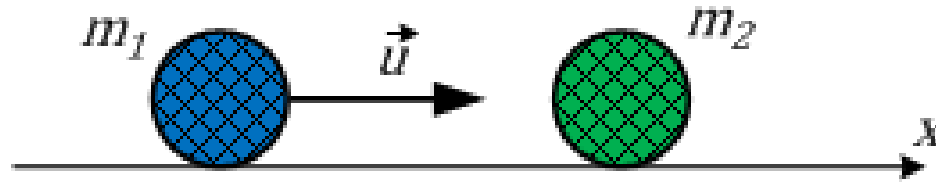
У випадку пружного зіткнення після удару тіла рухаються в протилежних напрямках, а у випадку непружного - в одному напрямку (в напрямку руху важчого тіла).

Імпульс інколи ще називають *кількістю руху*.

Закон збереження імпульсу

Пружне зіткнення

До зіткнення:



Після зіткнення:



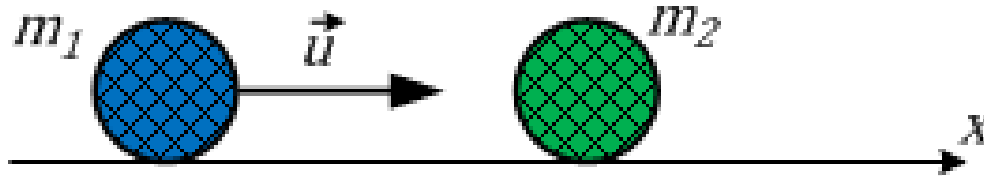
$$m_1 \vec{u} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \Leftrightarrow m_1 u = m_2 v_2 - m_1 v_1$$

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

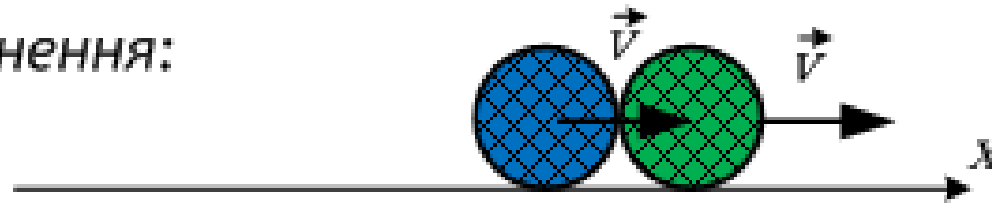
Закон збереження імпульсу

Непружне зіткнення

До зіткнення:



Після зіткнення:



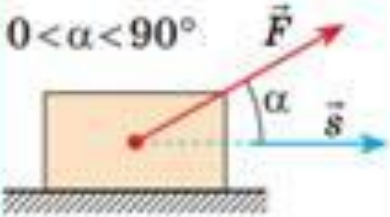
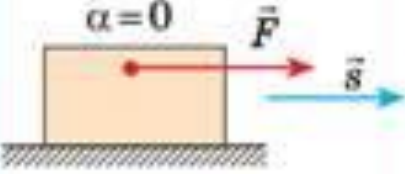
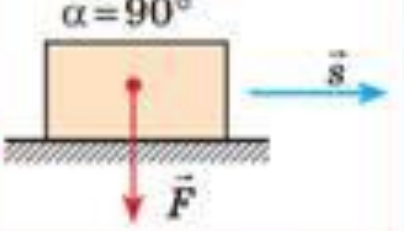
$$m_1 \vec{u} = m_1 \vec{v} + m_2 \vec{v} \Leftrightarrow m_1 u = v(m_1 + m_2)$$

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

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:

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

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

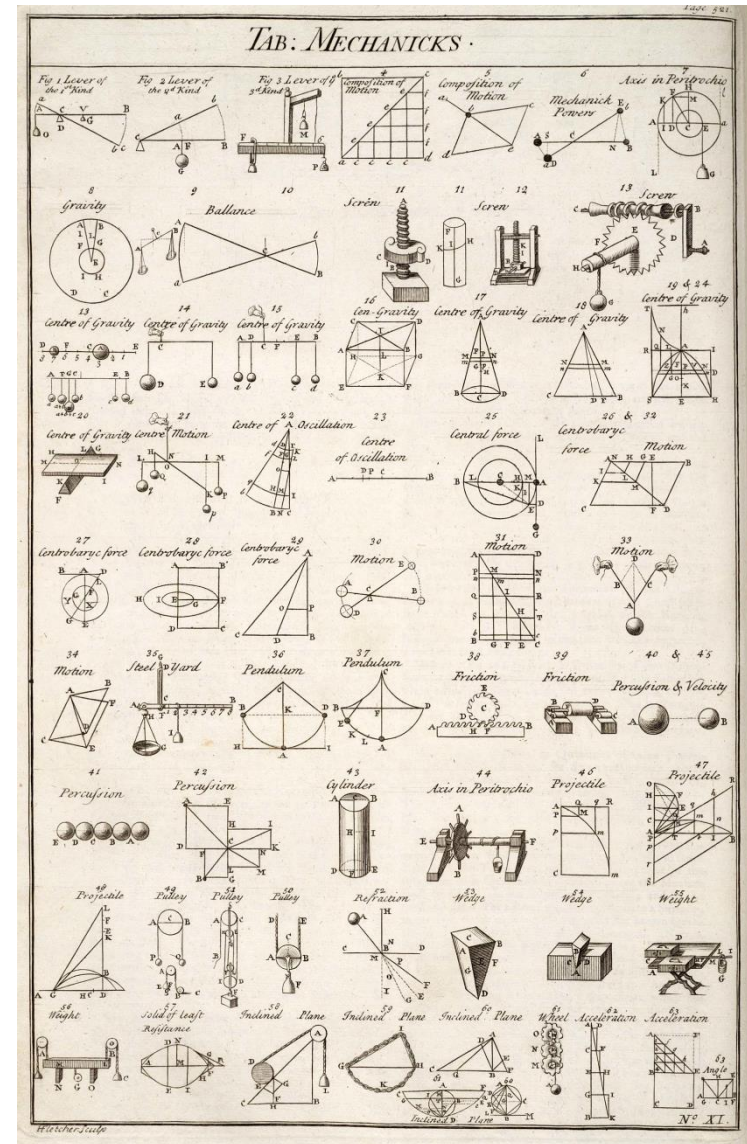
Прості механізми

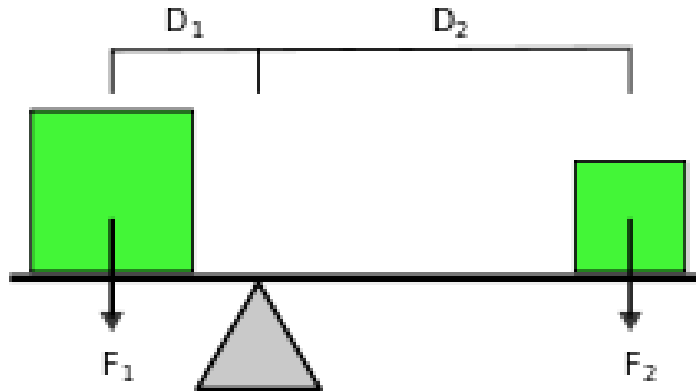
Прості механізми — різні пристрої, які дозволяють виконувати роботу за умови докладання до тіла порівняно невеликої сили (при одночасному збільшенні відстані переміщення) та змінювати напрям дії сили на зручніший для людини.

Жоден простий механізм не дає виграшу в роботі, а дає залежно від наявних потреб тільки виграш або в силі, або у відстані (так зване “золоте правило механіки”).

Традиційно виділяють шість простих механізмів:

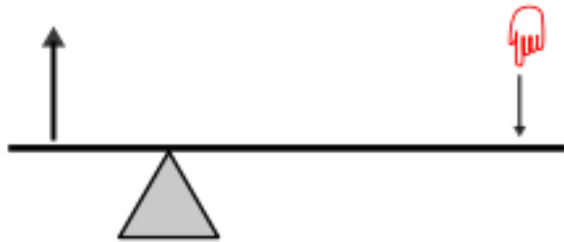
- Важіль
- Коловорот
- Блок
- Похила площина
- Клин
- Гвинт



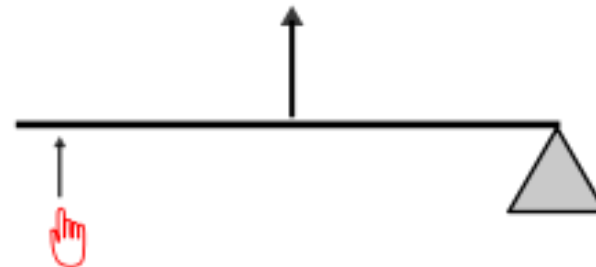


$$F_1 D_1 = F_2 D_2$$

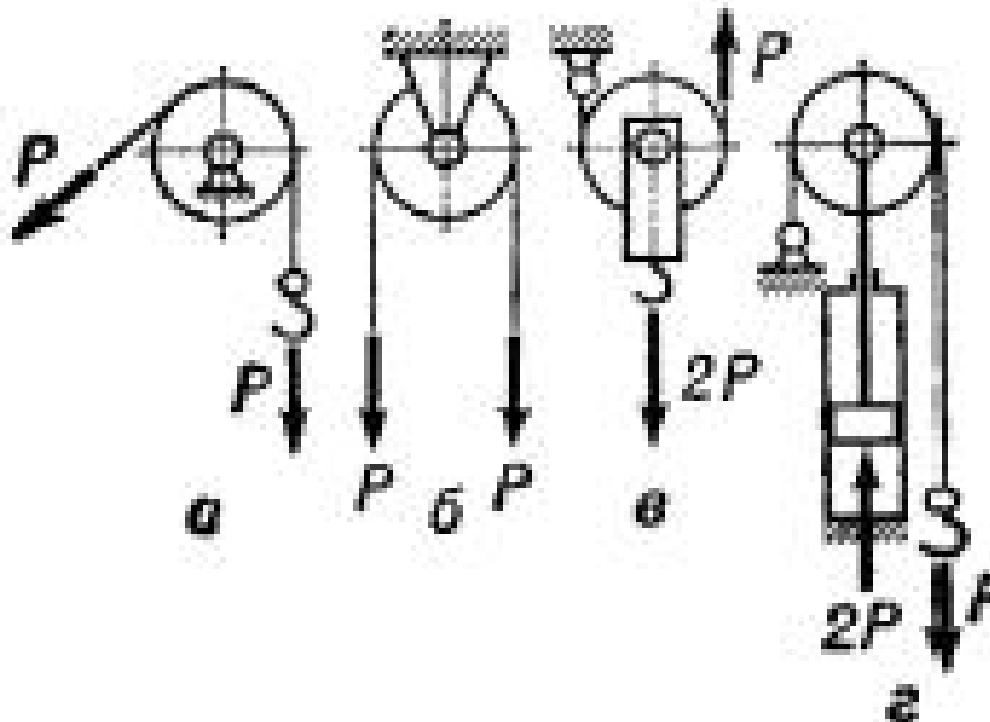
Важіль I-го типу:



Важіль II-го типу:



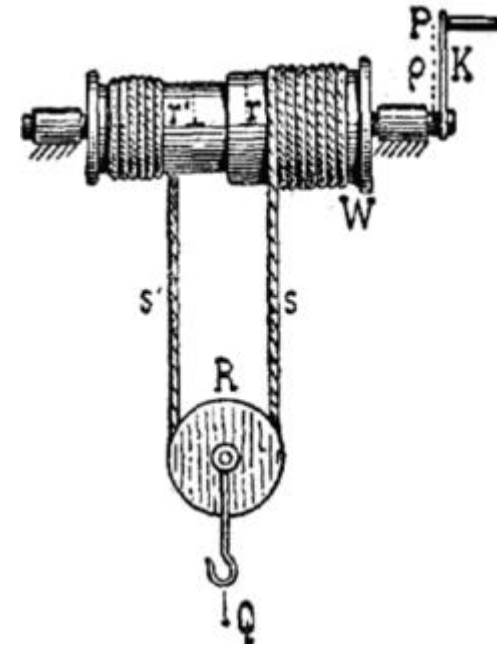
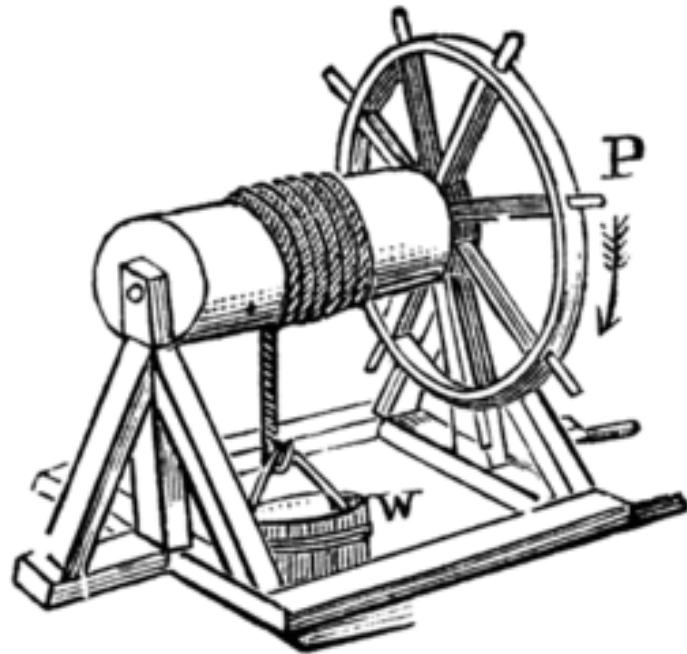
Важіль дає вигравш у швидкості.



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

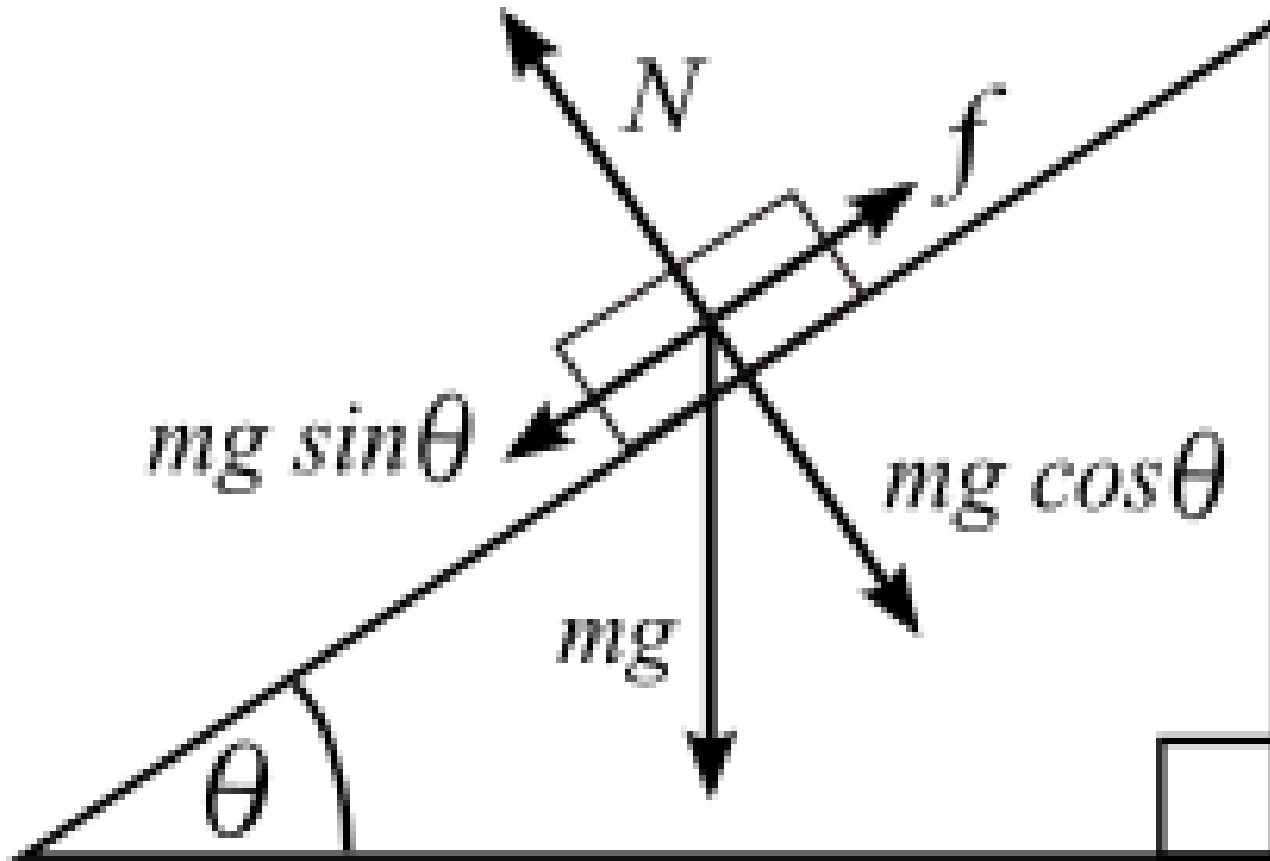
Прості механізми

Коловорот



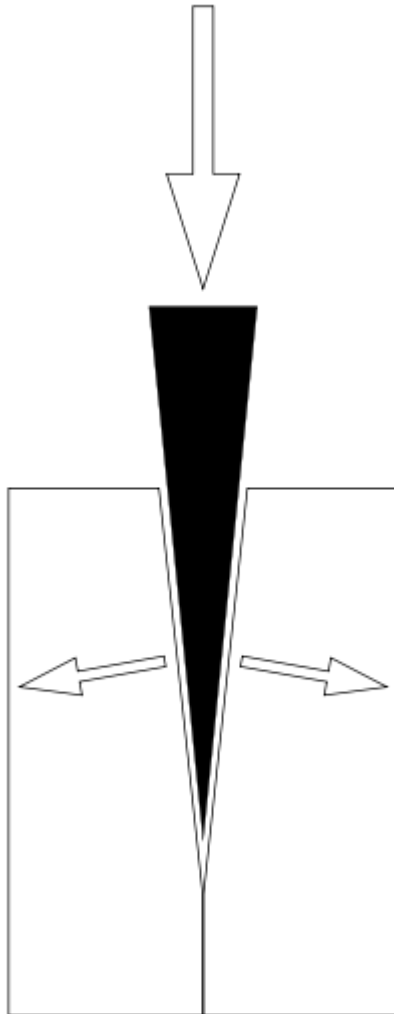
Прості механізми

Похила площина

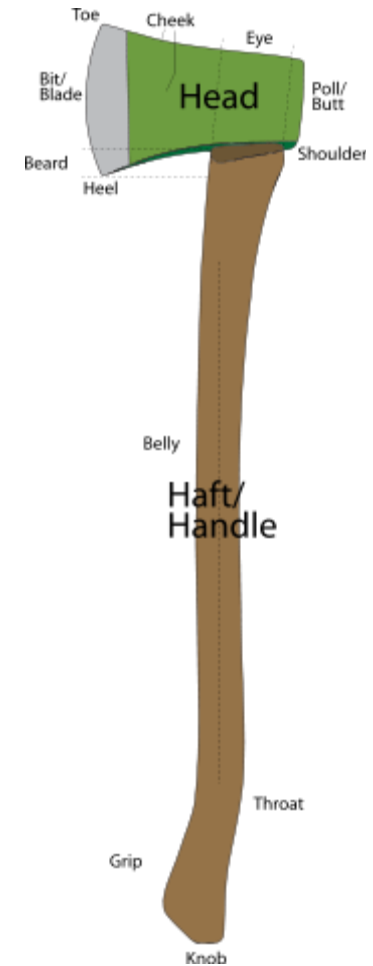


Прості механізми

Клин

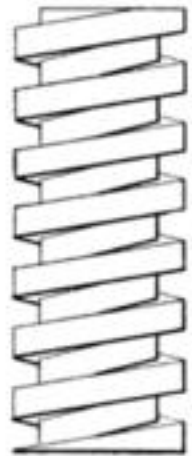


$$F_{\tau} = \frac{F}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$$

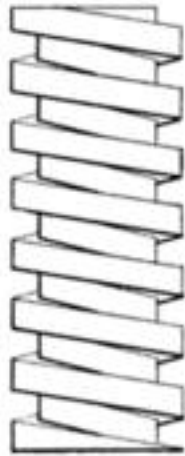


Прості механізми

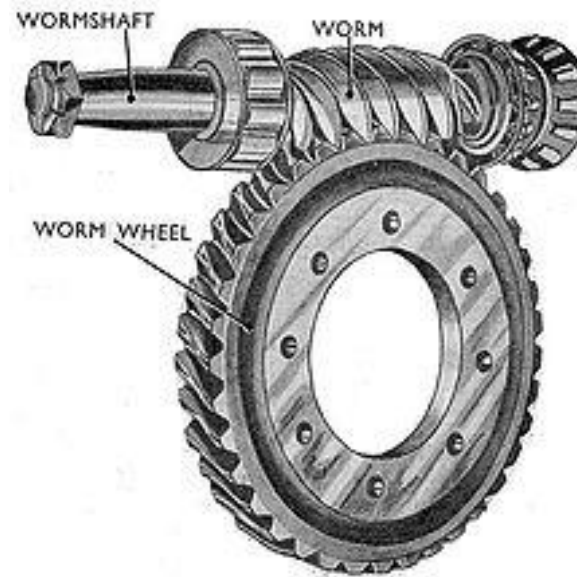
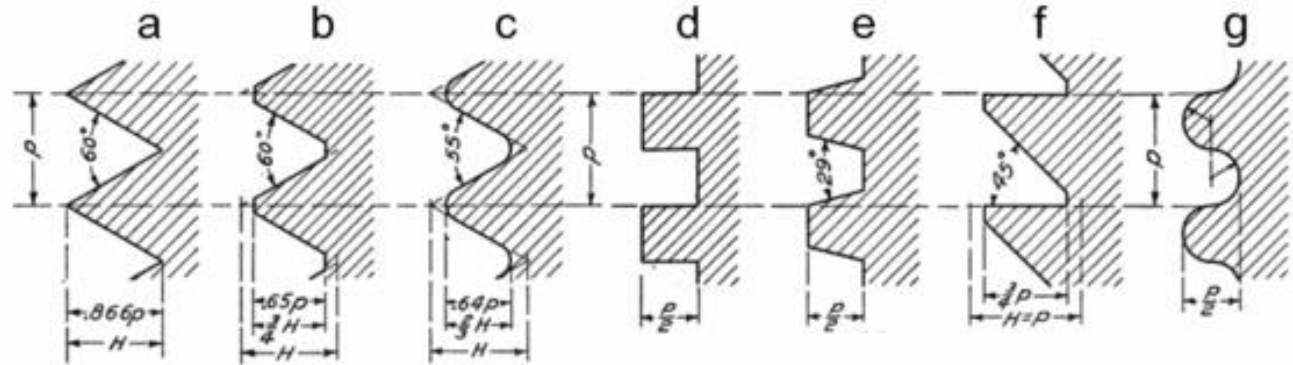
ГВИНТ



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