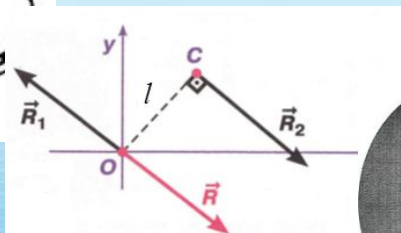
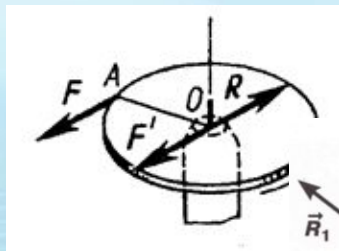


# ТЕМА 1.4. ПЛОСКА СИСТЕМА ДОВІЛЬНО РОЗМІЩЕНИХ СИЛ

## ПЛАН ЗАНЯТТЯ

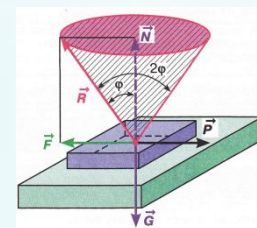
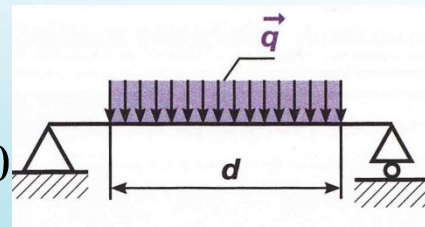
1. Приведення сили до точки.
2. Приведення до точки плоскої системи довільно розміщених сил.
3. Теорема Варіньона.
4. Рівняння рівноваги і його різні форми.
5. Балкові системи. Різновиди опор і види навантаження.
6. Реальні в'язі. Тертя ковзання і його закони.



$$\sum F_{kx} = 0$$

$$\sum F_{ky} = 0$$

$$\sum M_o(F_k) = 0$$



# 1. Приведення сили до точки

Будь-яку силу  $F$ , прикладену до тіла в точці  $A$ , можна переносити паралельно лінії дії в будь-яку точку  $O$ , приєднавши пару сил, момент якої рівний моменту даної сили відносно нової точки її прикладання.

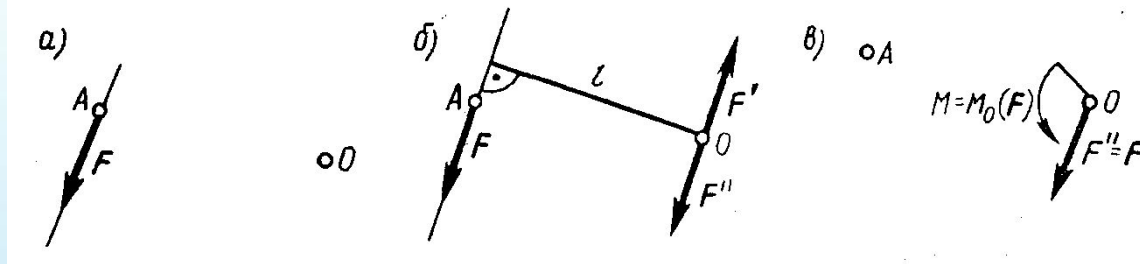


Рисунок 1

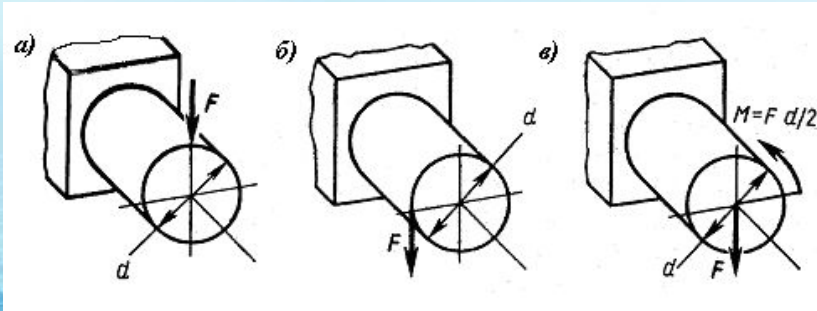


Рисунок 2

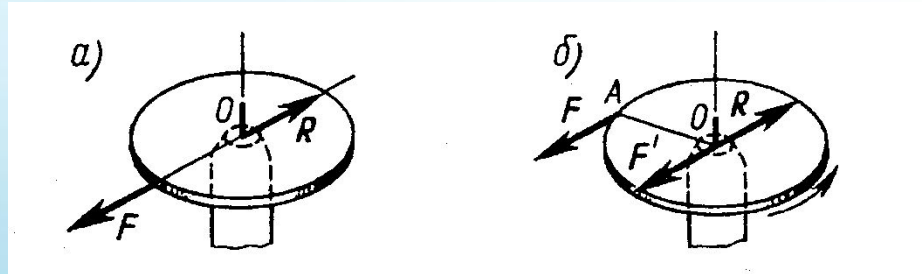
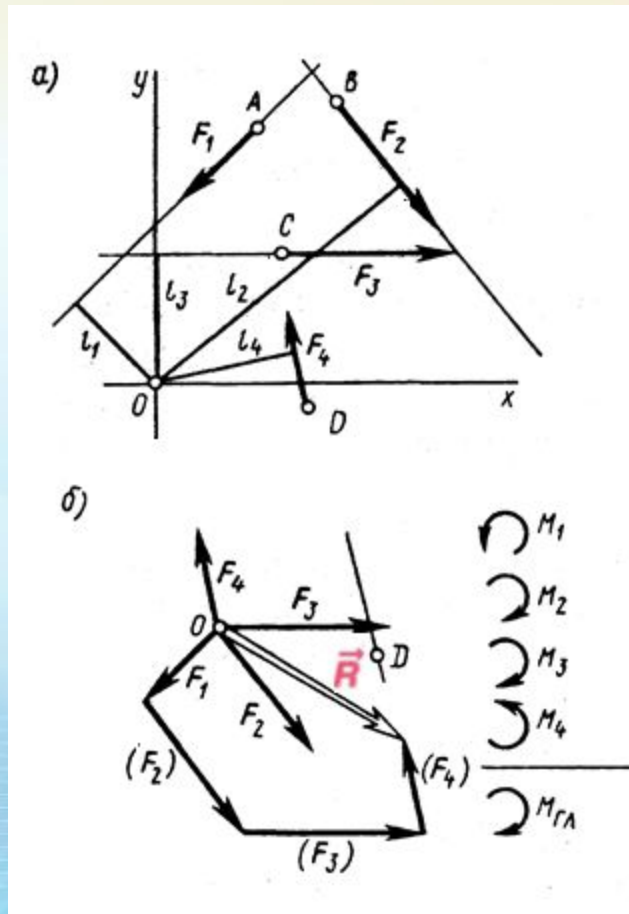


Рисунок 3

## 2. Приведення до точки плоскої системи довільно розміщених сил



$$M_{\text{гол}} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$$

$$M_{\text{гол}} = M_0(F_1) + M_0(F_2) + M_0(F_3) + M_0(F_4)$$

Рівнодійна системи:  $R = \sum F_k$

Головний момент системи:  $M_{\text{гол}} = \sum M_0(F_k)$

*Довільна плоска система сил еквівалентна одній силі – рівнодійній системі і одній парі, момент якої рівний головному моменту.*

Модуль головного вектора визначають за формулою:

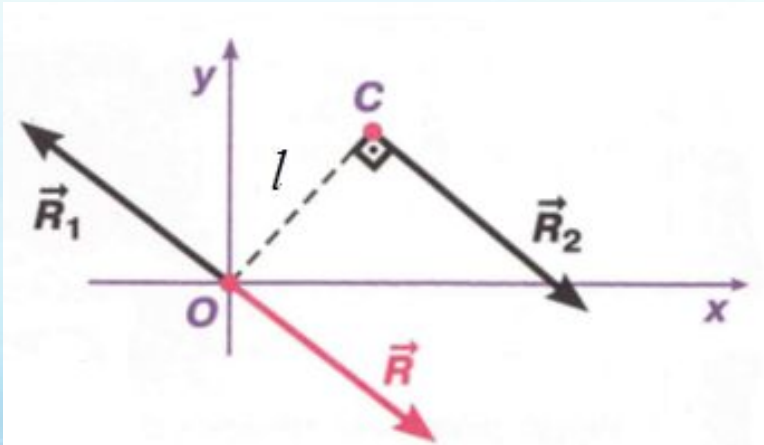
$$R = \sqrt{(\sum F_{kx})^2 + (\sum F_{ky})^2}$$

Напрямок рівнодійної системи:

$$\cos \varphi_x = \frac{R_x}{R}; \quad \cos \varphi_y = \frac{R_y}{R}$$

## Приведення до точки плоскої системи довільно розміщених сил

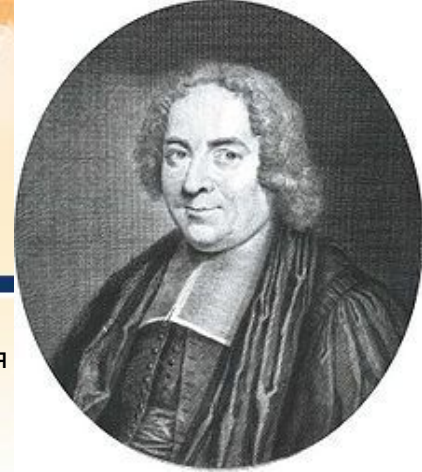
$$OC = l = \frac{M_0}{R}$$



*Рівнодійна довільної плоскої системи сил  
рівна головному вектору,  
а відстань від центру приведення  
до лінії дії рівнодійної  
рівна відношенню головного моменту на  
модуль рівнодійної.*

### 3. Теорема Варіньона

П'єр Варіньон (1654-1723) - французький математик і механік.



У 1725 році в Парижі було видано трактат Варіньона «Нова механіка або статика», що представляє собою систематичний виклад вчення про складання і розкладання сил, про моменти сил і правила оперування ними. Цей виклад майже без змін зберігся в підручниках зі статyki до нашого часу.

*Момент рівнодійної довільної плоскої системи сил відносно будь-якої точки рівний алгебраїчній сумі моментів сил системи, взятих відносно тієї ж точки.*

$$F_{\Sigma} \cdot l = M_{гол}$$

*Цю рівність можна записати у вигляді:*

$$M_0(F_{\Sigma}) = \sum M_0(F_k)$$

## 4. Рівняння рівноваги і його різні форми

1. 
$$\sum F_{kx} = 0$$
$$\sum F_{ky} = 0$$
$$\sum M_o(F_k) = 0$$

*Для того, щоб тіло під дією плоскої системи довільно розміщених сил перебувало в рівновазі, необхідно і достатньо, щоб алгебраїчні суми проекцій усіх сил на дві взаємно перпендикулярні осі і моментів усіх сил відносно будь-якої точки в площині дії цих сил дорівнювали нулю.*

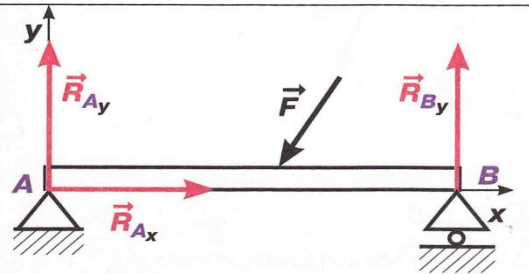
2. 
$$\sum M_A(F_k) = 0$$
$$\sum M_B(F_k) = 0$$
$$\sum F_{iy} = 0$$

*Якщо довільна плоска система сил перебуває в рівновазі, то алгебраїчні суми моментів сил відносно двох будь-яких точок, а також проекцій сил на вісь, не перпендикулярну до прямої, яка проходить через ці точки, дорівнюють нулю.*

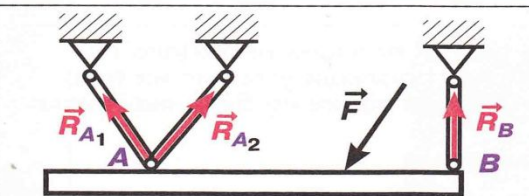
3. 
$$\sum M_A(F_k) = 0$$
$$\sum M_B(F_k) = 0$$
$$\sum M_C(F_k) = 0$$

*Якщо довільна плоска система сил перебуває в рівновазі, то алгебраїчні суми моментів сил відносно будь-яких трьох точок, які не лежать на одній прямій, дорівнює нулю.*

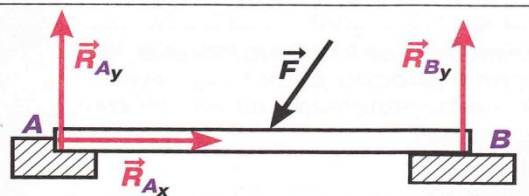
## 5. Балкові системи. Різновиди опор і види навантаження.



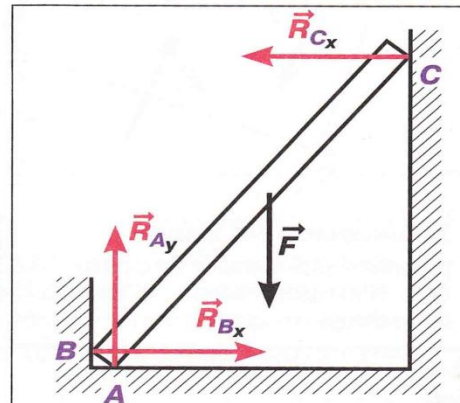
Балка має дві опори: шарнірно-нерухому і шарнірно-рухому.



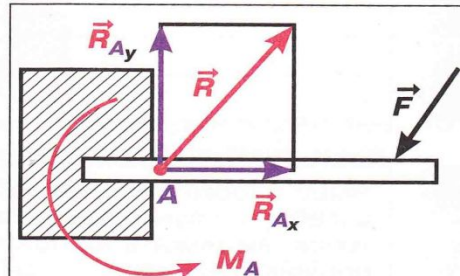
Балка має три непаралельні шарнірно прикріплені стрижні.



Балка спирається на три гладенькі поверхні, одна з яких має упор.



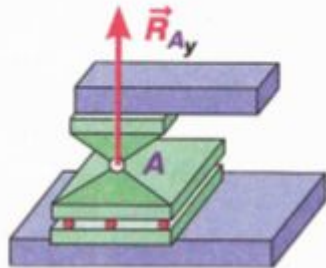
Балка в трьох точках спирається на гладенькі поверхні.



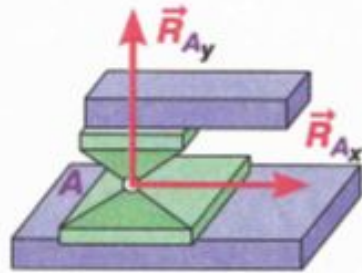
Балка жорстко закріплюється в стіні або затискується спеціальним пристроєм.

# Різновиди опор і види навантаження.

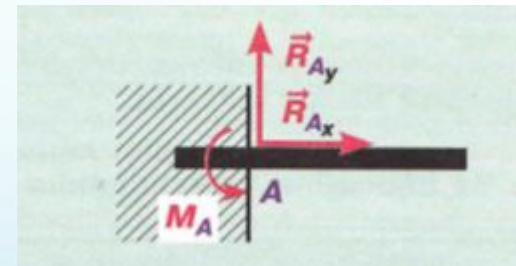
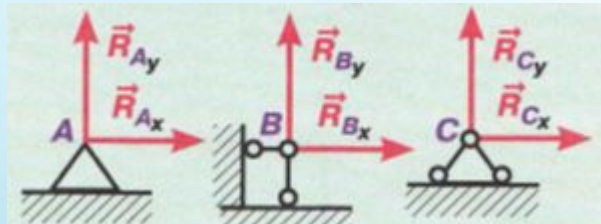
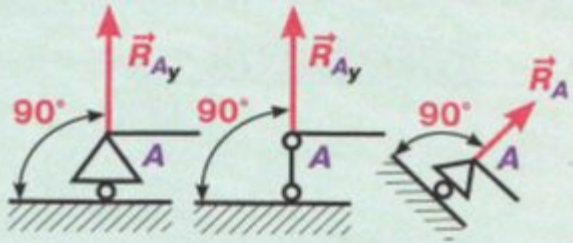
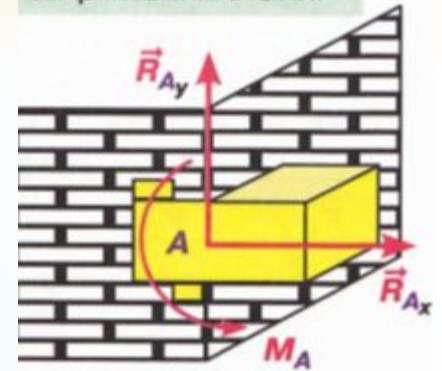
Шарнірно-рухома



Шарнірно-нерухома



Жорстке закріплення в стіні

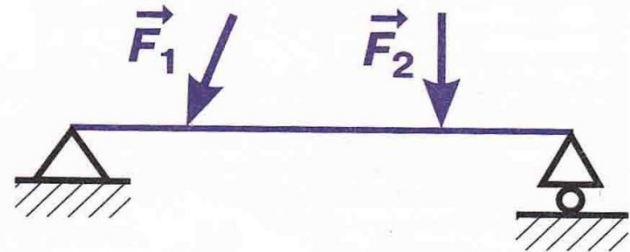




# Класифікація навантажень

## зосереджені

Одиниця виміру:  
**НЬЮТОН (Н)**



## розподілені

Характеризуються інтенсивністю  $q$  і виражаються:

### за довжиною

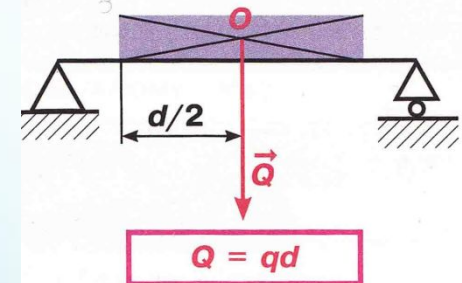
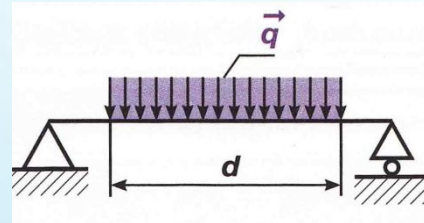
в ньютонах на метр ( $\text{Н} \cdot \text{м}$ );

### за площиною

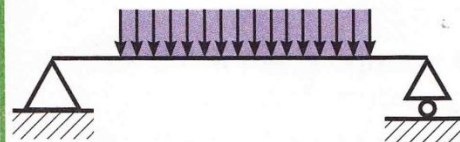
в ньютонах на квадратний метр ( $\text{Н} \cdot \text{м}^2$ );

### за об'ємом

в ньютонах на кубічний метр ( $\text{Н} \cdot \text{м}^3$ ).



### рівномірно розподілені

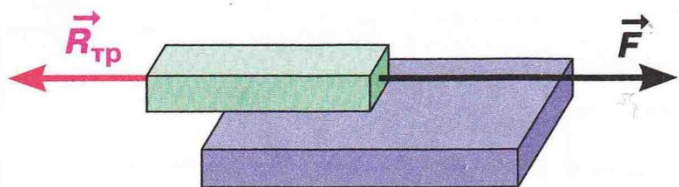


### нерівномірно розподілені



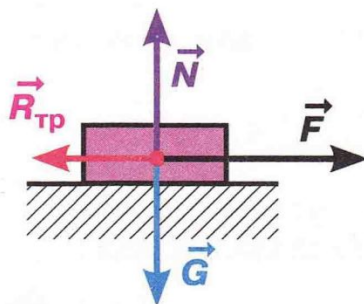
## 6. Реальні в'язі. Тертя ковзання і його закони.

Сила тертя виникає при переміщенні одного тіла по другому і завжди напрямлена в бік, протилежний переміщенню.

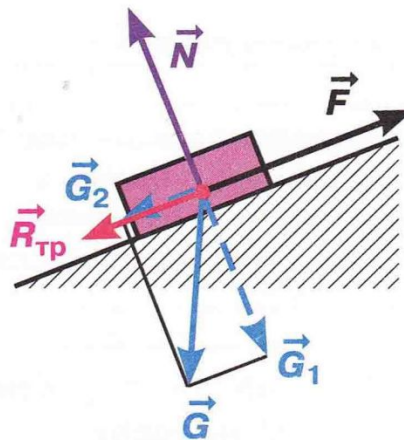


$\vec{F}$  — сила переміщення;  
 $\vec{R}_{\text{тр}}$  — сила тертя.

Переміщення тіла на горизонтальній площині:



Переміщення тіла на похилій площині:



$\vec{G}$  — вага тіла;  
 $\vec{N}$  — нормальна реакція.

Ідеальні в'язі - в'язі без тертя

Реальні в'язі - в'язі з тертям

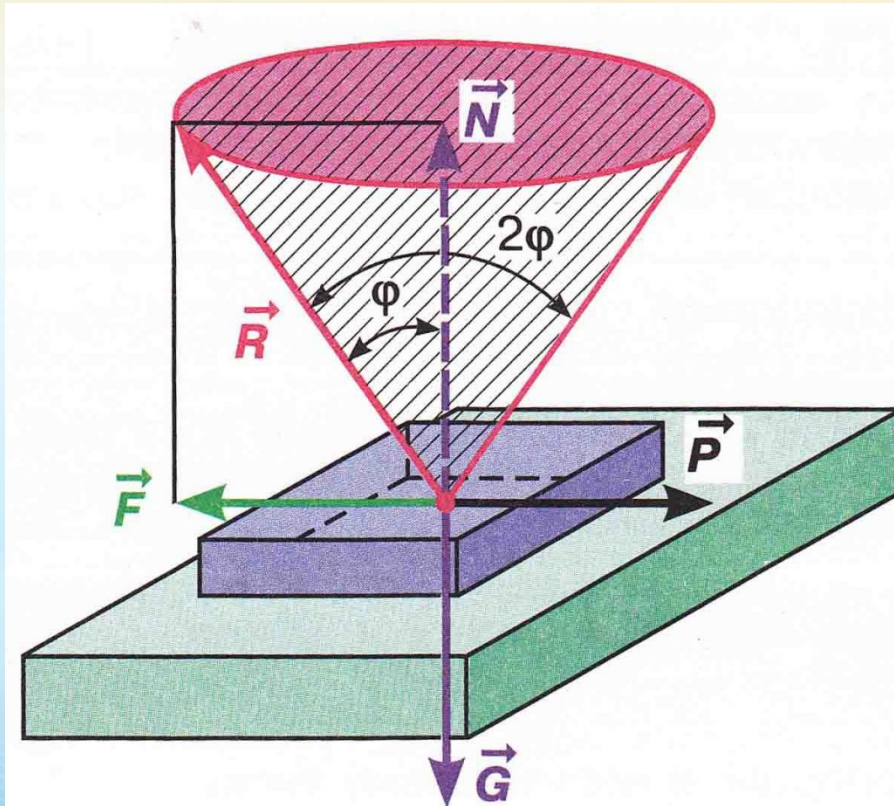
## Тертя ковзання і його закони

- 1 Сила тертя пропорційна нормальному тиску.
- 2 Коефіцієнт тертя залежить від матеріалу, чистоти його оброблення та фізичного стану поверхні тіл.
- 3 Між однорідними тілами тертя більше, ніж між різнорідними.
- 4 Сила тертя не залежить від площі поверхонь. За великого тиску площа поверхонь впливає на силу тертя.
- 5 Сила тертя спокою більша, ніж сила тертя переміщення.
- 6 Сила тертя залежить від швидкості взаємного переміщення тіл.

$$F = fN,$$

$F$  — сила тертя ковзання;  
 $f$  — коефіцієнт тертя ковзання;

# Кут і конус тертя



$\vec{G}$  — вага тіла;  
 $\vec{N}$  — нормальна реакція:

$$\vec{G} = \vec{N};$$

$\vec{P}$  — зсувна сила;  
 $\vec{F}$  — сила тертя ковзання:

$$F = fN = fG,$$

$f$  — коефіцієнт тертя ковзання.

Кут, утворений напрямом сумарної реакції  $\vec{R}$  з напрямом нормальної реакції  $\vec{N}$ , називається **кутом тертя**.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F}{N} = \frac{fN}{N} = f;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f.$$

**Домашнє завдання:**

**вивчити теоретичний матеріал по темі:**

**ПЛОСКА СИСТЕМА ДОВІЛЬНО РОЗМІЩЕНИХ СИЛ**

