

СТАТИКА. МЕХАНІЧНА РОБОТА.

ПОТУЖНІСТЬ. МЕХАНІЧНА ЕНЕРГІЯ. ГІДРО-

АЕРО-СТАТИКА

СТАТИКА

Статика – це частина механіки, яка вивчає рівновагу тіл.

Тіло знаходиться у рівновазі (або у стані рівноваги), якщо:

1. Прискорення тіла дорівнює нулю ($\vec{a} = 0$).
2. Тіло не обертається.

Розглянемо умови, за яких тіло знаходиться у рівновазі. Вони називаються: **умови рівноваги**.

Умова рівноваги для сил.

Якщо на тіло діють сили $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, то II закон Ньютона для цього тіла дає:

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

Якщо тіло знаходиться у рівновазі, то $\vec{a} = 0$, тоді маємо:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$$



$$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0$$

Це і є **умова рівноваги для сил**. Сформулюємо її:

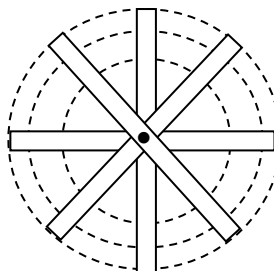
Тіло знаходиться у рівновазі, якщо сума сил, які діють на тіло, дорівнює нулю

Обертальний рух тіла. Момент сили. Умова рівноваги для моментів.

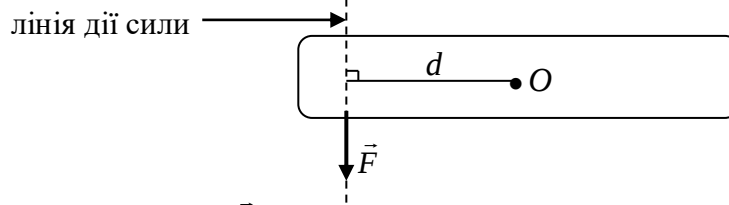
Дамо визначення:

Обертальний рух (або обертання) тіла це – рух, при якому усі точки тіла рухаються по колам, центри яких знаходяться в одній точці. Ця точка (наприклад, точка O) називається – **вісь обертання**.

Цей малюнок ілюструє обертальний рух тіла:



Нехай на тіло, яке має вісь обертання O , діє сила $\vec{F}$, тоді:



d - **плече сили $\vec{F}$** - відстань (за перпендикуляром) від вісі обертання до лінії дії сили.

Тоді:

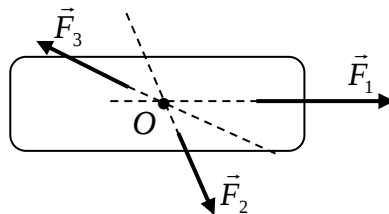
$M = F \cdot d$ - **момент сили** – дорівнює добутку сили на її плече.

Момент сили – характеристика обертальної дії сили. Одиниця виміру моменту:

$$[M] = H \cdot m$$

Звернемо увагу, що для збільшення моменту сили можна збільшувати або силу, або її плече.

Коли момент сили дорівнює нулю? Розглянемо приклад:

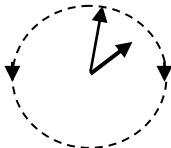


Бачимо, що у цьому випадку $d_1 = d_2 = d_3 = 0$, тому $M_1 = M_2 = M_3 = 0$.

Можемо зробити висновок:

Момент сили дорівнює нулю ($M = 0$), якщо лінія дії сили проходить через вісь обертання.

Моменти сили мають різні знаки в залежності від напрямку обертання. Розрізняють два напрямки обертання:

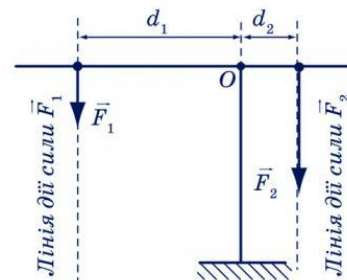
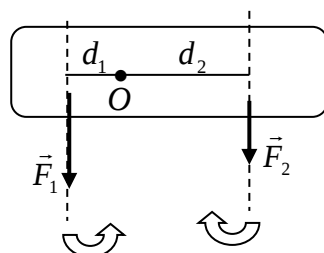
проти напрямку годинникової стрілки  за напрямком годинникової стрілки

Будемо вважати, що:

$M > 0$, якщо він обертає проти напрямку годинникової стрілки;

$M < 0$, якщо він обертає за напрямком годинникової стрілки.

Розглянемо приклад, коли на тіло діють моменти двох сил.



Маємо: $M_1 = F_1 \cdot d_1 > 0$ - обертає проти годинникової стрілки;

$M_2 = -F_2 \cdot d_2 < 0$ - обертає за годинниковою стрілкою.

Якщо тіло знаходиться в рівновазі, тобто не обертається, то повинна виконуватись умова:

$$M_1 = -M_2 \Rightarrow M_1 + M_2 = 0$$

Цей висновок можна розповсюдити на більш загальний випадок.

Якщо на тіло діють сили $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, і тіло знаходиться у рівновазі (не обертається), то виконується умова:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$$

Це і є **умова рівноваги для моментів** (або правило моментів).
Сформулюємо її:

Тіло знаходиться у рівновазі, якщо сума моментів сил, які діють на тіло, дорівнює нулю.

Зараз, об'єднав дві умови рівноваги, ми можемо записати **повну умову рівноваги тіла**:

$$F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = 0$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = 0$$

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$$

Контрольні питання

1. Що таке статика?
2. Коли тіло знаходиться у рівновазі?
3. Запишіть формулу та сформулюйте умову рівноваги для сил.
4. Що таке обертальний рух тіла?
5. Що таке плече сили?
6. Що таке момент сили?
7. Характеристикою чого є момент сили?
8. Яка одиниця виміру моменту?
9. Коли момент сили дорівнює нулю?
10. Які є два напрямки обертання?
11. Коли ми вважаємо, що $M > 0$?
12. Коли ми вважаємо, що $M < 0$?
13. Запишіть формулу та сформулюйте умову рівноваги для моментів.
14. Запишіть повну умову рівноваги тіла.

Завдання

Завдання 1

Оберіть вірний варіант закінчення вислову.

Статика – це частина механіки, яка вивчає

- а) механічний рух тіл; б) взаємодію тіл; в) стан невагомості тіл; г) рівновагу тіл; д) замкнену систему тіл.

Завдання 2

Встановити відповідність між пропущеними місцями та словами, які потрібно на них вставити, щоб утворився вірний вислів:

Тіло ...(1)... у рівновазі, якщо ...(2)... сил, які ...(3)... на ...(4)..., дорівнює ...(5)...

- а) добуток; б) нулю; в) рухається; г) знаходиться; д) сума; е) діють; є) тіло

Завдання 3

Оберіть вірний варіант закінчення вислову.

Плече сили – це

- а) відстань від вісі обертання до тіла; б) відстань від вісі обертання до лінії дії сили; в) відстань від лінії дії сили до тіла; г) відстань від вісі обертання до моменту сили; д) відстань від лінії дії сили до моменту сили

Завдання 4

Оберіть вірний варіант закінчення вислову.

Момент сили дорівнює

- а) добутку сили на її модуль; б) відношенню сили та її плеча; в) добутку сили на її плече; г) добутку маси тіла на його прискорення; д) добутку маси тіла на його швидкість.

Завдання 5

Оберіть вірну формулу моменту сили:

- а) $F \cdot s$; б) $F \cdot d$; в) $M \cdot d$; г) $m \cdot d$; д) $F \cdot M$

Завдання 6

Оберіть вірну одиницю моменту сили:

- а) $H \cdot m$; б) $H \cdot kg$; в) $kg \cdot m$; г) $H \cdot s$; д) $H \cdot m^2$

Завдання 7

Запишіть словами умови, при яких:

$M > 0$ -

$M < 0$ -

Завдання 8

Встановіть відповідність між формулою та її змістом

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1) $M = F \cdot d$ | а) умова рівноваги для моментів |
| 2) $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$ | б) момент сили |
| 3) $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m\vec{a}$ | в) III закон Ньютона |
| 4) $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$ | г) умова рівноваги для сил |
| | д) II закон Ньютона |

Завдання 9

Встановіть відповідність між заданими та невідомими значеннями F, d, M (усі величини задані у системі СІ)

- | | |
|--|---------|
| 1) $F = 16\text{ Н}; M = 4\text{ Н} \cdot \text{м}; d = \dots \text{ м}$ | а) 250 |
| 2) $d = 1,5\text{ м}; M = 37,5\text{ Н} \cdot \text{м}; F = \dots \text{ Н}$ | б) 0,25 |
| 3) $F = 200\text{ Н}; d = 1,25\text{ м}; M = \dots \text{ Н} \cdot \text{м}$ | в) 25 |
| 4) $d = 2,2\text{ м}; M = 5500\text{ Н} \cdot \text{м}; F = \dots \text{ Н}$ | г) 2,5 |
| | д) 2500 |

Вправа 12

Приклад:

Плече сили дорівнює 75 см, а момент сили дорівнює 27 Н·м. Знайдіть величину сили.

Дано:

$$d = 75\text{ см} = 0,75\text{ м}$$

$$M = 27\text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$F = ?$$

Розв'язання

Використаємо формулу для моменту сили:

$$M = F \cdot d$$

$$\text{Звідси: } F = \frac{M}{d} \Rightarrow F = \frac{27}{0,75} = 36\text{ (Н)}$$

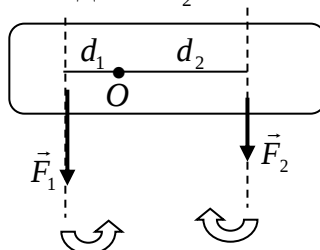
Самостійно розв'яжіть наступні задачі:

1. Сила дорівнює 120 Н, момент сили дорівнює 60 Н·м. Знайдіть плече сили.
2. Плече сили дорівнює 60 см, а момент сили дорівнює 9 Н·м. Знайти величину сили.
3. Сила дорівнює 150 Н, а плече сили дорівнює 80 см. Знайдіть момент сили.
4. Сила дорівнює 96 Н, момент сили дорівнює 144 Н·м. Знайдіть плече сили.
5. Плече сили дорівнює 1,2 м, момент сили дорівнює 54 Н·м. Знайдіть величину сили.
6. Сила дорівнює 125 Н, а плече сили дорівнює 40 см. Знайдіть момент сили.
7. Сила дорівнює 28 Н, момент сили дорівнює 9,8 Н·м. Знайдіть плече сили.
8. Плече сили дорівнює 80 см, момент сили дорівнює 44 Н·м. Знайдіть величину сили.
9. Сила дорівнює 56 Н, а плече сили дорівнює 25 см. Знайдіть момент сили.
10. Сила дорівнює 32 Н, момент сили дорівнює 4,8 Н·м. Знайдіть плече сили.
11. Плече сили дорівнює 40 см, момент сили дорівнює 18 Н·м. Знайдіть величину сили.
12. Сила дорівнює 36 Н, а плече сили дорівнює 35 см. Знайдіть момент сили.

Вправа 13

Приклад:

На тіло з віссю обертання у точці O діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться рисунок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 15\text{ Н}; d_1 = 0,2\text{ м}; F_2 = 10\text{ Н}$, знайдіть d_2 .



Дано:

$$F_1 = 15 \text{ Н}$$

$$d_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$F_2 = 10 \text{ Н}$$

$$d_2 = ?$$

Розв'язання

Моменти сил, які діють на тіло, дорівнюють:

$$M_1 = F_1 \cdot d_1 ; \quad M_2 = -F_2 \cdot d_2$$

За умовою рівноваги тіла маємо:

$$M_1 + M_2 = 0$$

$$\text{Звідси: } F_1 \cdot d_1 - F_2 \cdot d_2 = 0 \Rightarrow F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

$$\text{Тоді для } d_2 \text{ отримаємо: } d_2 = \frac{F_1 \cdot d_1}{F_2} \Rightarrow d_2 = \frac{15 \cdot 0,2}{10} = 0,3 \text{ (м)}$$

Самостійно розв'яжіть наступні задачі:

1. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 12 \text{ Н}; d_1 = 0,4 \text{ м}; d_2 = 0,6 \text{ м}$, знайдіть F_2 .
2. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 25 \text{ Н}; F_2 = 15 \text{ Н}; d_2 = 0,5 \text{ м}$, знайдіть d_1 .
3. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $d_1 = 0,15 \text{ м}; F_2 = 9 \text{ Н}; d_2 = 0,5 \text{ м}$, знайдіть F_1 .
4. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 24 \text{ Н}; d_1 = 0,5 \text{ м}; F_2 = 8 \text{ Н}$, знайдіть d_2 .
5. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 18 \text{ Н}; d_1 = 0,1 \text{ м}; d_2 = 0,3 \text{ м}$, знайдіть F_2 .
6. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $d_1 = 0,6 \text{ м}; F_2 = 18 \text{ Н}; d_2 = 0,9 \text{ м}$, знайдіть F_1 .
7. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 32 \text{ Н}; F_2 = 16 \text{ Н}; d_2 = 1,6 \text{ м}$, знайдіть d_1 .
8. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 45 \text{ Н}; d_1 = 0,7 \text{ м}; F_2 = 15 \text{ Н}$, знайдіть d_2 .
9. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $d_1 = 0,4 \text{ м}; F_2 = 32 \text{ Н}; d_2 = 0,3 \text{ м}$, знайдіть F_1 .

10. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 8 \text{ Н}$; $F_2 = 28 \text{ Н}$; $d_2 = 0,2 \text{ м}$, знайти d_1 .
11. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 42 \text{ Н}$; $d_1 = 0,3 \text{ м}$; $d_2 = 0,9 \text{ м}$, знайдіть F_2 .
12. На тіло з віссю обертання у точці О діють сили F_1, F_2 , які мають плечі d_1, d_2 (дивіться малюнок). Тіло знаходиться у рівновазі. $F_1 = 63 \text{ Н}$; $d_1 = 1,2 \text{ м}$; $F_2 = 42 \text{ Н}$, знайдіть d_2 .

ЛІНГВОКОМЕНТАР

Нові граматичні форми з дієсловами, які зустрічаються у текстах «Статика», «Вправа 12», «Вправа 13»

Конструкції	Моделі
Що обертає що, проти чого, за чим Н.в. + обертає +проти +(O ²) Н.в. + обертає +за +(O ⁵)	Тіло обертає . Момент обертає проти годинникової стрілки. Момент обертає за годинниковою стрілкою.
Сформулювати що Сформулюємо +З.в.(O ⁴)	Сформулюємо умови рівноваги. (майб. час).
Що ілюструє що Н.в. + ілюструє +З.в.(O ⁴)	Рисунок ілюструє обертальний рух.
Збільшувати що Збільшувати +З.в.(O ⁴)	Збільшувати силу.
Зробити що Зробити +З.в.(O ⁴)	Зробити висновок.
Що проходить де (через що?) Н.в. + проходить +З.в. (O ⁴)	Лінія дії сили проходить через вісь обертання.
Розрізняють що Розрізняють + З.в. (O ⁴)	Розрізняють напрямки обертання.
Обертається як (за чим?) Обертається за + О.в.(O ⁵)	Обертається за годинниковою стрілкою.
Розповсюдити що Розповсюдити +З.в.(O ⁴)	Розповсюдити висновок.
Дивитися що Дивіться + З.в.(O ⁴)	Дивіться рисунок.

Список основних дієслів уроку:

обертатися І(за чим?) (НДВ)
обертати (що, проти чого?, за чим?) (НДВ)І
формулювати І–сформулювати (що?)І
ілюструвати І– проілюструвати (що?) І
збільшуватиІ– збільшити (що?) ІІ
робити ІІ- зробити (що?)ІІ
проходити ІІ– пройти (через що?) І
розрізняти І – розрізнити (що?)ІІ
розповсюджувати І–розповсюдити (що?) ІІ
дивитися ІІ–подивитися(що?) ІІ