

## Тема 8. Статика.

**Рівновага тіла** – це збереження стану руху або спокою тіла з плином часу.

*Тіло, що рухається поступально (відсутнє обертання), зберігає швидкість свого руху постійною, якщо рівнодійна сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю.*

### Момент сил. Правило моментів.

Якщо тіло не може рухатись поступально, а може тільки обертатися навколо нерухомої осі, то *причиною зміни швидкості обертального руху є наявність моменту сил.*

**Момент сили  $M$**  – це фізична величина, що дорівнює добутку модуля сили  $F$ , яка діє на тіло, на плече  $l$  цієї сили:

$$M = Fl$$

*Одиниця моменту сили в СІ – ньютон-метр (Н · м).*

**Плече сили  $l$**  – це найменша відстань від осі обертання до лінії дії сили.

Значення моментів сил, які повертають тіло *проти ходу годинникової стрілки*, прийнято вважати *додатними*. Значення моментів сил, які повертають тіло *за годинниковою стрілкою*, вважають *від'ємними*.

Сформулюємо **правило моментів**.

Тіло, яке має нерухому вісь обертання, перебуває в рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів усіх сил, що діють на тіло, відносно осі обертання дорівнює нулю:

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

### Рівновага тіла в загальному випадку.

Якщо тіло може рухатись поступально, а також здійснювати обертальний рух навколо деякої осі, то це тіло перебуватиме в рівновазі, якщо дотримані обидві умови рівноваги:

1) рівнодійна сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю:

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

2) алгебраїчна сума моментів усіх сил, що діють на тіло, відносно осі обертання дорівнює нулю:

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

## Центр мас.

**Центр мас тіла** – це точка перетину прямих, уздовж яких напрямлені сили, що викликають тільки поступальний рух тіла.

Якщо розміри тіла невеликі порівняно з радіусом Землі, то центр мас цього тіла збігається з точкою прикладення сили тяжіння (центром тяжіння тіла).

*Центр мас симетричних фігур перебуває в їхньому геометричному центрі; центр мас трикутника лежить у точці перетину його медіан.*

## Види рівноваги тіл.

Розрізняють *стійку, нестійку, байдужу рівноваги.*

Рівновагу тіла називають **стійкою**, якщо в разі будь-яких малих відхилень від положення рівноваги тіло, надане самому собі, знову повертається в початкове положення.

У положенні стійкої рівноваги *центр мас тіла займає найнижче із можливих найближчих положень*, а в разі відхилення тіла виникає *рівнодійна сила  $\vec{F}$ , яка повертає тіло у вихідне положення.*

Рівновагу тіла називають **нестійкою**, якщо в разі будь-яких малих відхилень від положення рівноваги тіло, надане самому собі, ще більше відхиляється від початкового положення.

У стані нестійкої рівноваги в разі будь-яких незначних відхилень тіла від положення рівноваги *рівнодійна сил, які діють на тіло, або моменти цих сил прагнуть ще більше відхилити тіло.*

Рівновагу тіла називають **байдужою**, якщо в разі будь-яких малих відхилень від положення рівноваги тіло, надане самому собі, залишається у своєму новому положенні.

При відхиленні тіла, яке перебуває у стані байдужої рівноваги, сили, що діють на тіло, залишаються врівноваженими, а сума моментів цих сил дорівнює нулю.

*Тіло, яке спирається на горизонтальну площину, перебуває у стані стійкої рівноваги, якщо вертикальна лінія, проведена через центр мас тіла, проходить у межах площі опори.*

**Приклад 1.** На ліве плече важеля діє сила 120 Н, на праве – 80 Н. Важіль перебуває у рівновазі. Визначте його праве плече, якщо ліве дорівнює 90 см. Вагою важеля знехтуйте.

$$F_1 = 120 \text{ Н}, F_2 = 80 \text{ Н}, l_1 = 90 \text{ см.}$$

$$M_1 + M_2 = 0, F_1 l_1 - F_2 l_2 = 0, F_1 l_1 = F_2 l_2, 120 \cdot 90 = 80 \cdot l_2, l_2 = 135 \text{ (см)}$$

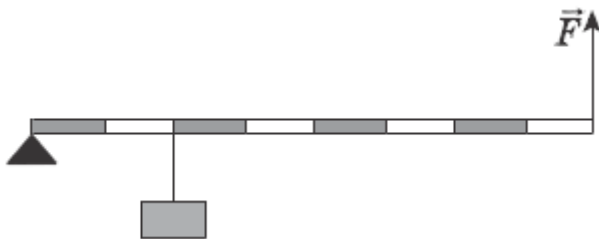
**Відповідь:** 135 см.

**Приклад 2.** Два тіла врівноважені на кінцях горизонтального стержня і знаходяться від точки опори на відстанях 30 см і 60 см відповідно. Знайти масу другого тіла, якщо маса першого складає 0,2 кг.

$$F_1 l_1 = F_2 l_2, m_1 g l_1 = m_2 g l_2, 0,2 \cdot 30 = m_2 \cdot 60, m_2 = 0,1 \text{ кг.}$$

**Відповідь:** 0,1 кг.

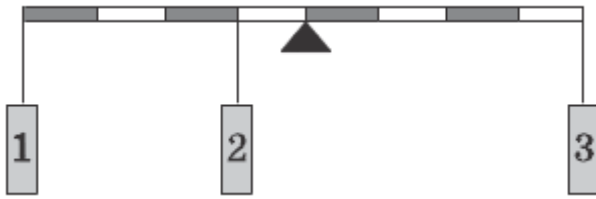
**Приклад 3.** Яке значення має сила, прикладена до важеля, якщо маса вантажу дорівнює 10 кг (див. рисунок)? Вагою важеля знехтуйте. Вважайте, що  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



$$M_1 + M_2 = 0, F l_1 - m g l_2 = 0, F \cdot 8x = 10 \cdot 10 \cdot 2x, F = 200/8 = 25 \text{ (Н)}.$$

**Відповідь:** 25 Н.

**Приклад 4.** Важіль перебуває в рівновазі (див. рисунок). Маса і першого, і другого вантажів становить 4 кг. Якою є маса третього вантажу? Вагою важеля знехтуйте.



$$M_1 + M_2 + M_3 = 0, \quad m_1 g l_1 + m_2 g l_2 - m_3 g l_3 = 0, \quad m_3 * 10 * 4 = 4 * 10 * 4 + 4 * 10 * 1 = 200, \quad m_3 = 200 / 40 = 5 \text{ (кг)}.$$

**Відповідь:** 5 кг.

**Приклад 5.** До однорідної балки масою 50 кг і довжиною 2 м підвішена бочка масою 20 кг на відстані 0,5 м від одного з країв. Балка лежить кінцями на опорах. Визначте силу, з якою край, ближчий до бочки, діє на опору. Вважайте, що  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Напишемо правило моментів для бочки (без урахування ваги балки).

$$M_1 + M_2 = 0, \quad F_1 l_1 = F_2 l_2, \quad F_1 * 0,5 = F_2 * 1,5, \quad F_1 = 3F_2$$

$$F_1 + F_2 = m_{\text{бочки}} g = 20 * 10 = 200 \text{ Н}, \quad 3F_2 + F_2 = 200, \quad F_2 = 50, \quad F_1 = 150 \text{ Н}.$$

Вага балки розподілена рівномірно по опорах:  $F_{\text{балки}} = 0,5 m_{\text{балки}} g = 0,5 * 50 * 10 = 250 \text{ (Н)}$ .

$$F = 150 + 250 = 400 \text{ Н}.$$

**Відповідь:** 400 Н.

**Домашнє завдання:** 1.104, 1.105, 1.107.