

Тема 10. Вага тіла. Статика.

Вага тіла

Вага тіла \vec{P} – це сила пружності, з якою внаслідок притягання до Землі тіло діє на горизонтальну опору або вертикальний підвіс.

У СІ одиниця ваги, як і будь-якої іншої сили, – **ньютон (Н)**.

На відміну від сили тяжіння, яка прикладена до тіла, *вага прикладена до опори або підвісу*. Вага тіла і сила тяжіння відрізняються і своєю природою: сила тяжіння має гравітаційну природу; вага тіла – це сила пружності, тому *вага має електромагнітну природу*.

Якщо тіло перебуває у стані спокою або рівномірного прямолінійного руху, то його вага за значенням дорівнює силі тяжіння і збігається з нею за напрямком:

$$\vec{P} = m\vec{g}.$$

Вага тіла, яке рухається з прискоренням, напрямленим вертикально вгору, більша, ніж вага того самого тіла, яке перебуває у спокої, і дорівнює:

$$P = m(g + a).$$

Якщо людина рухається з прискоренням, напрямленим вертикально вгору, то вона зазнає *перевантаження (збільшення ваги)*. Збільшення ваги тіла характеризується *коефіцієнтом перевантаження*.

Коефіцієнт перевантаження n – фізична величина, яка характеризує збільшення ваги тіла та дорівнює відношення прискорення a тіла до прискорення гвільного падіння:

$$n = \frac{a}{g}.$$

У разі n -кратного перевантаження ($a = ng$) вага тіла збільшується в $(n + 1)$ разів.

Вага тіла, яке рухається з прискоренням, напрямленим вертикально вниз, менша, ніж вага того самого тіла, яке перебуває у спокої, і дорівнює:

$$P = m(g - a).$$

Якщо в цьому випадку прискорення, з яким рухається тіло, дорівнює прискоренню вільного падіння ($\vec{a} = \vec{g}$), то вага тіла дорівнює нулю й тіло припиняє діяти на опору.

Стан тіла, за якого вага тіла дорівнює нулю, називають **станом невагомості**.

У стані невагомості на тіло діє тільки сила тяжіння (тіло вільно падає), і навпаки: *якщо тіло рухається тільки під дією сили тяжіння, воно перебуває у стані невагомості*.

Приклад 1. Якою є вага тіла масою 5 кг, яке знаходиться у ліфті? Ліфт рухається з прискоренням 4 м/с^2 , спрямованим вертикально вниз. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

$$P = m(g - a) = 5(10 - 4) = 30 \text{ Н}$$

Відповідь: 30 Н.

Приклад 2. За допомогою тросу жорсткістю 4 МН/м вертикально вгору піднімають кабінку ліфта масою 2 т з прискоренням 2 м/с^2 . Швидкість руху ліфта збільшується. Визначте (у міліметрах) розтяг троса. Вважайте, що $g=10 \text{ м/с}^2$.

$$P=F_{\text{пр}}, m(g+a)=kx, x=m(g+a)/k=2000(10+2)/4*10^6=6*10^{-3} \text{ (м)} = 6 \text{ мм.}$$

Відповідь: 6 мм.

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 3. 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.

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

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

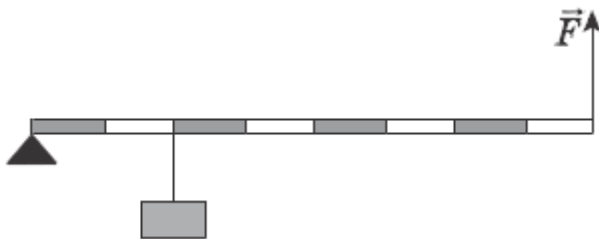
Відповідь: 135 см.

Приклад 4. 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.

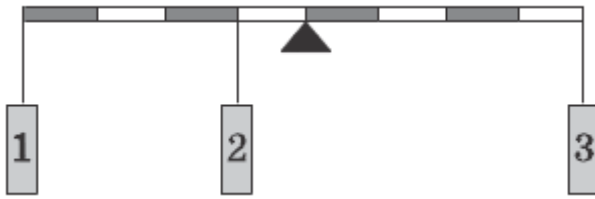
Приклад 5. Яке значення має сила, прикладена до важеля, якщо маса вантажу дорівнює 10 кг (див. рисунок)? Вагою важеля знехтуйте. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



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

Відповідь: 25 Н.

Приклад 6. 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 7. 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).

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

$$F_1 + F_2 = m_{\text{бочки}} g = 20 * 10 = 200 \text{ Н},$$

$$3F_2 + F_2 = 200, \quad F_2 = 50 \text{ Н}, \quad F_1 = 150 \text{ Н}.$$

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: №№ 66, 69, 81, 82, 83, 86.