

УРОКИ 3-4 (27.01.2023) Теормех, Б-1

ТЕМА : ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І АКсіОМИ СТАТИКИ

Статикою називається розділ теоретичної механіки, у якому вивчаються загальні положення про сили та умови рівноваги матеріальних тіл, на які діють сили.

Під рівновагою розуміють стан спокою тіла по відношенню до інших тіл. Умови рівноваги істотно залежать від того, чи являється тіло твердим, пружним, рідким, газоподібним. У загальному курсі теоретичної механіки розглядаються тільки задачі про рівновагу абсолютно твердих тіл.

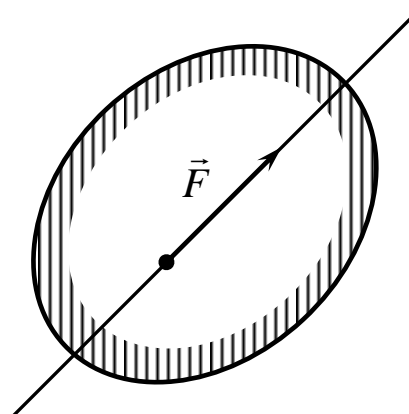
У статичі розв'язуються такі основні задачі: 1) приведення системи сил, що діють на абсолютно тверде тіло, до найпростішого вигляду; 2) визначення умов рівноваги сил, які діють на абсолютно тверде тіло. Ці задачі статичі можна розв'язувати шляхом відповідних геометричних побудов або за допомогою числових розрахунків.

1.1. Сила

Фізична величина, яка є кількісною мірою механічної взаємодії між матеріальними тілами, називається, **силою**. Сила - величина векторна, її дія на абсолютно тверде тіло визначається: значенням або модулем сили; напрямом сили; точкою, в якій прикладена сила.

Пряма, вздовж якої спрямована сила, називається **лінією дії сили**. Основною одиницею сили є 1 ньютон /Н/.

Графічно сила зображується спрямованим відрізком (рис. 1), довжина якого виражає у вибраному масштабі модуль сили, а напрям відрізка відповідає напрямові сили.



Силу позначимо буквою \vec{F} . Сукупність сил, що діють на абсолютно тверде тіло, називатимемо **системою сил**. Приведемо ще такі визначення.

1. Тіло, якому з даного положення можна надати будь-якого переміщення у просторі, називається **вільним**.

2. Якщо одну систему сил, що діють на вільне тверде тіло, можна замінити іншою системою, не порушуючи при цьому стану спокою чи руху, в якому знаходиться тіло, то такі дві системи сил називаються **еквівалентними**.

3. Система сил, під дією якої вільне тверде тіло може знаходитися у стані спокою, називається **зрівноваженою**, або еквівалентною нулю.

4. Якщо задана система сил еквівалентна одній силі, то ця сила називається **рівнодійною заданої системи сил**.

5. Якщо система сил зрівноважується однією силою, то цю силу називають **зрівноважуючою силою заданої системи сил**.

6. Сила, яка прикладена до тіла в якій-небудь одній точці, називається **зосередженою**.

7. Сили, що діють на всі точки поверхні тіла чи об'єму, називаються **розподіленими**.

1.2. Аксиоми статички

В основі статички лежить ряд аксіом, які являють собою результат узагальнень численних дослідів, життєвого досвіду та спостережень за рівновагою і рухом тіл, неодноразово стверджених практикою. Аксиоми статички є вихідними положеннями досвідного характеру, що приймаються без доведення. Вони формулюються так.

Аксиома 1. Вільне абсолютно тверде тіло може знаходитися під дією двох сил у рівновазі тільки тоді, коли ці сили рівні за модулем і діють вздовж однієї прямої в протилежних напрямках (рис. 2):

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 .$$

Ця аксіома визначає найпростішу зрівноважену систему сил, оскільки досліди свідчать, що вільне тіло, на яке діє тільки одна сила, знаходиться в рівновазі може.

Аксиома 2. Дія заданої системи сил на абсолютно тверде тіло не порушиться,

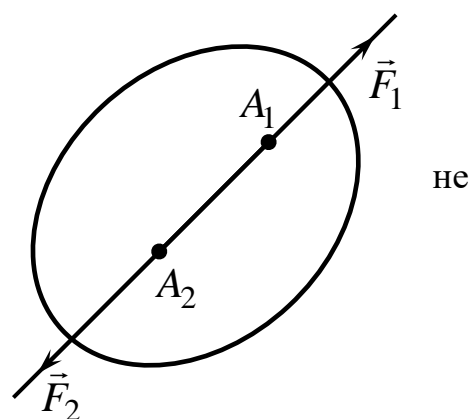


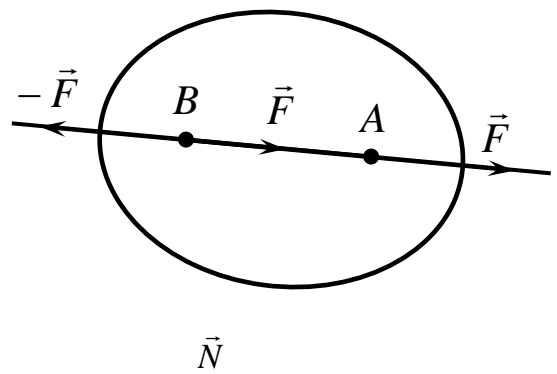
Рис. 2

якщо до неї додати або відняти зрівноважену систему сил.

Ця аксіома встановлює, що дві системи сил, які відрізняються на зрівноважену систему сил, еквівалентні одна одній.

Наслідок з 1-ї та 2-ї аксіом. Не змінюючи стану механічного руху або спокою абсолютно твердого тіла, силу можна переносити вздовж її лінії дії в довільну точку тіла.

Доведення. Нехай на абсолютно тверде тіло діє сила \vec{F} , прикладена в точці A (рис. 3). Візьмемо на лінії дії цієї сили довільну точку B і прикладемо в ній дві сили, що дорівнюють за величиною силі \vec{F} і спрямовані у прямо протилежні сторони по її лінії дії. Таку систему сил маємо право прикласти на підставі аксіом 1 і 2. Сила \vec{F} , прикладена в точці A , і сила $-\vec{F}$, прикладена в точці B , зрівноважуються. Таку систему сил можна відкинути, не порушуючи стану руху тіла.



Отже, залишається сила \vec{F} , прикладена в точці B . Одержаний результат справедливий тільки для сил, які діють на абсолютно тверде тіло. За інженерними розрахунками ним можна користуватися лише тоді, коли визначаються умови рівноваги тієї чи іншої конструкції і не розглядаються внутрішні зусилля, що виникають в її частинах. При визначенні внутрішніх зусиль переносити точку прикладення сили по її лінії дії не можна.

Свобода переносу точки прикладення сили вздовж лінії дії є характерною властивістю моделі абсолютно твердого тіла.

Аксіома 3. (аксіома про паралелограм сил). Система двох сил, прикладених в одній точці до абсолютно твердого тіла, має рівнодійну, яка зображується діагоналлю паралелограма, побудованого на цих силах і прикладена в тій самій точці (рис. 4).

Вектор \vec{R} , який дорівнює діагоналі паралелограма, побудованого на векторах \vec{F}_1 і \vec{F}_2 , називається **геометричною сумою цих векторів**

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (1)$$

У цій аксіомі сформульовано правило векторного додавання сил, тому її можна сформулювати так: дві сили, які прикладені до абсолютно твердого тіла в одній точці, мають рівнодійну, що дорівнює геометричній (векторній) сумі цих сил і прикладена в тій самій точці. Надалі слід відрізнити поняття геометричної суми сил і їх рівнодійної.

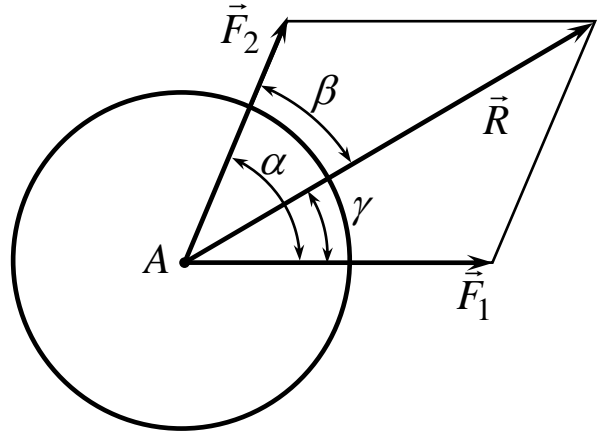


Рис. 4

Модуль рівнодійної

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}, \quad (2)$$

де α – кут, утворений напрямками сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 .

При однаковому напрямі, сил $\alpha = 0$, $R = F_1 + F_2$, а при протилежному $R = |F_1 - F_2|$. Напрямок рівнодійної \vec{R} можна визначити кутами β і γ , які вона утворює із складовими силами F_1 і F_2 :

$$\sin \beta = \frac{F_1}{R} \sin \alpha; \quad \sin \gamma = \frac{F_2}{R} \sin \alpha \quad (\alpha = \beta + \gamma). \quad (3)$$

Аксіома про паралелограм сил дає змогу розглядати силу як векторну величину. Вектор сили, яка діє на абсолютно тверде тіло, є ковзним вектором.

Третю аксіому можна застосовувати до будь-яких тіл, не обов'язково абсолютно твердих.

Будь-яку силу \vec{R} можна єдиним способом розкласти на дві складові сили \vec{F}_1 і \vec{F}_2 за двома заданими напрямками, які утворюють кути β і γ з

напрямом цієї сили. Величини цих складових визначаються за формулами, які витікають із (3):

$$F_1 = R \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \gamma)}; \quad F_2 = R \frac{\sin \gamma}{\sin(\beta + \gamma)}. \quad (4)$$

Геометрична побудова цих складових очевидна.

Правило паралелограма сил являє собою фундаментальне положення статички, доведення якого не може бути одержане з більш простих положень статички елементарним шляхом. Це правило аксіоматично сформулював Ньютон.

Аксіома 4. Сили взаємодії двох матеріальних тіл завжди рівні за величиною і діють по одній прямій у протилежних напрямках – дії завжди відповідає рівна і протилежно спрямована протидія (рис. 5).

Цю аксіому, яка називається **третім законом механіки**, встановив Ньютон.

Сили взаємодії двох тіл не створюють систему зрівноважених сил, бо вони прикладені до різних тіл

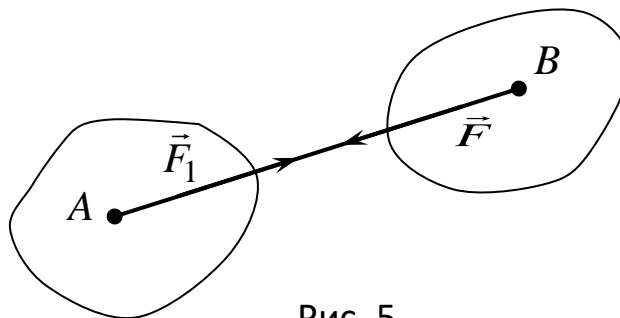


Рис. 5

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}. \quad (5)$$

У природі не існує односторонньої дії сили.

Аксіома 5. Рівновага тіла, що може деформуватися, не порушиться, якщо воно затвердне.

Цією аксіомою (її називають принципом затвердіння) користуються в тих випадках, коли мова йде про рівновагу тіл, які не можна вважати

твердими. Прикладені до таких тіл зовнішні сили повинні задовольняти умови рівноваги твердого тіла; для нетвердих тіл ці умови є лише необхідними, але недостатніми.

Аксиома 4 стверджує, що при затвердінні рівновага нетвердого тіла не порушиться. У статиці зустрічаються задачі про рівновагу тіла, яке складається з декількох твердих тіл, зв'язаних між собою. Таке тіло знаходиться в рівновазі, якщо в рівновазі перебувають всі складові тіла. У деяких випадках таке тіло розглядають як одне абсолютно тверде тіло.

Звернемо увагу на те, що обернене твердження є невірним, тобто не можна стверджувати, що рівновага твердого тіла обов'язково збережеться, якщо тіло перестане бути твердим.

Принцип затвердіння широко використовується в інженерних розрахунках. Він дозволяє при складанні умов рівноваги розглядати будь-яке тіло, що може деформуватись, або будь-яку змінну конструкцію як абсолютно жорсткі і застосовувати до них методи статики абсолютно твердого тіла. Якщо одержаних таким шляхом рівнянь для розв'язання задачі недостатньо, складають додатково рівняння рівноваги окремих частин конструкції.

На практиці головним чином зустрічаються з невеликими матеріальними тілами, або їх системами. **В'яззю** називають тіло або сукупність тіл, які обмежують рух даної матеріальної системи. Сила, з якою в'язь діє на матеріальну систему, обмежуючи її рух, називається **реакцією в'язі**. Напрямок реакції в'язі протилежний напрямку, в якому в'язь перешкоджає рухові твердого тіла. За четвертою аксіомою сила, з якою дане тіло діє на в'язь, і реакція цієї в'язі завжди рівні за величиною і протилежні за напрямком.

Аксиома 6. Невільне матеріальне тіло можна розглядати як вільне, якщо в'язі замінити їх реакціями.

Аксиома про звільнення від в'язей дає можливість звести питання про рівновагу невольного твердого тіла до відповідного питання про рівновагу вільного твердого тіла.

Виходячи з цих аксіом у статиці доводиться ряд теорем, які дають можливість розв'язувати задачі на рівновагу та перетворення систем сил, прикладених до абсолютно твердого тіла.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ :

1. Що вивчає розділ статика ?
2. Що таке сила ?
3. Перерахуйте основні аксіоми статички.

Законспектувати матеріал. Відповідь на питання надати на адресу ashmarina@ukr.net, або на вайбер за телефоном 063-120-31-20