

Основні поняття і аксіоми статички

План

1. Аксіоми статички.
2. Основні типи зв'язків і їх реакції.

1. О.О. Ердеди “Технічна механіка” ст. 8-14.
2. Е.М. Никитин “Теоретическая механика” ст. 28-33.

Аксіоми статички

Умови, за яких тіло може перебувати в рівновазі, виводять з кількох основних положень, що їх приймають без доведень, підтверджених дослідами. Ці умови називають аксіомами статички. Основні аксіоми статички сформулював англійський учений Ньютон (1642—1727), тому їх назвали його іменем.

Аксіоми статички встановлюють основні властивості сил, прикладених до абсолютно твердих тіл.

Аксіома I (аксіома інерції, або перший закон Ньютона).

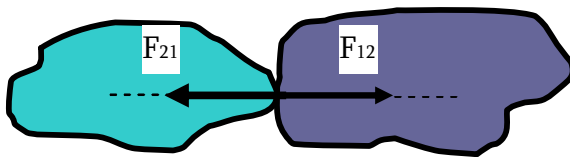
Всяке тіло зберігає свій стан спокою або прямолінійного рівномірного руху, поки якісь сили не виведуть тіло з цього стану.

Здатність матеріального тіла зберігати рух, коли немає діючих сил, або поступово змінювати цей рух, коли на тіло починають діяти сили, називають інерцією або інертністю. Інертність — одна з основних властивостей матерії.

Відповідно до цієї аксіоми станом рівноваги вважають такий стан, коли тіло перебуває у спокої або рухається прямолінійно і рівномірно (тобто з інерції).

Аксіома II (аксіома взаємодії, або третій закон Ньютона).

Сили взаємодії двох тіл завжди однакові за модулем і протилежно напрямлені по одній прямій.



З третього закону Ньютона випливає, що однобічної дії одного тіла на друге не буває, тобто всі сили природи — парні сили.

Сукупність сил, прикладених до тіла (або системи тіл), називають системою сил. Сила дії будь-якого тіла на дане і сила протидії не є системою сил, бо вони прикладені до різних тіл. Якщо будь-яка система сил має таку властивість, що після прикладання до вільного тіла вона не змінює його механічного стану, то таку систему сил називають зрівноваженою.

Аксіома III (умова рівноваги двох сил).

Для рівноваги вільного твердого тіла, яке перебуває під дією двох сил, необхідно і достатньо, щоб ці сили дорівнювали одна одній за модулем і діяли по одній прямій у протилежних напрямках.

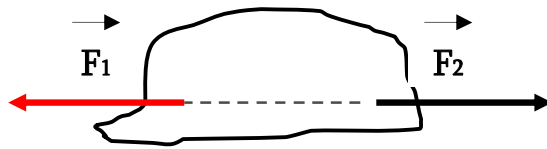


Рис. 1

Умова, сформульована в цій аксіомі, необхідна для рівноваги двох сил. Це означає, що коли система двох сил перебуває у рівновазі, то ці сили мають дорівнювати одна одній за модулем і діяти по одній прямій у протилежних напрямках.

Умова, сформульована у цій аксіомі, достатня для рівноваги двох сил. Це означає справедливність оберненого формулювання аксіоми, а саме: якщо дві сили дорівнюють одна одній за модулем і діють по одній прямій у протилежних напрямках, то така система сил обов'язково перебуває у рівновазі. Далі ознайомимося з умовою рівноваги, необхідною, але недостатньою для рівноваги.

Аксіома IV. Рівновага (як і будь-який інший механічний стан) твердого тіла не порушиться, якщо до нього прикласти або відняти від нього систему зрівноважених сил.

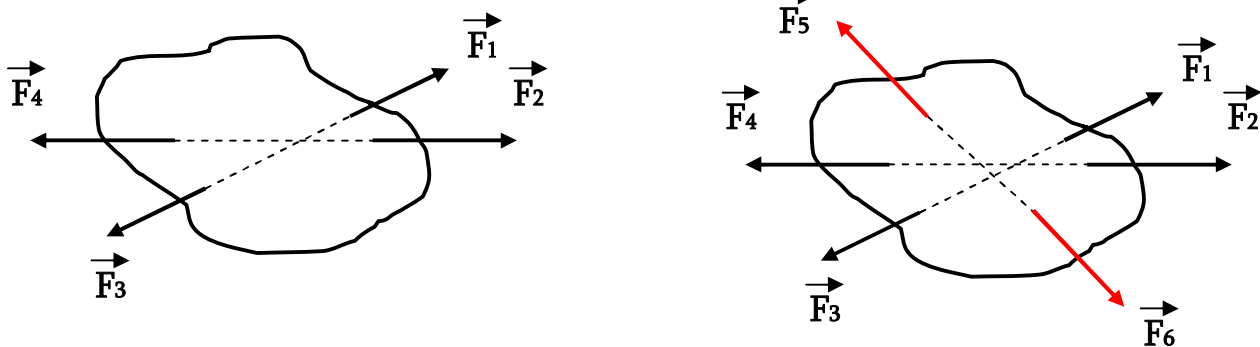
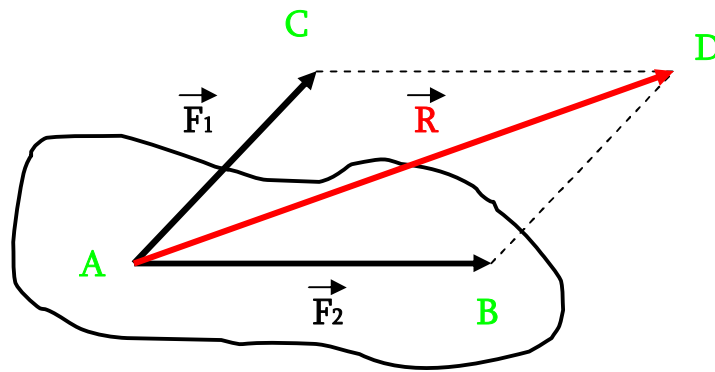


Рис. 2

Висновок з аксіом III і IV.

Механічний стан твердого тіла не порушиться, якщо силу перенести вздовж лінії її дії.
Аксиома V (аксіома паралелограма).

Рівнодіюча двох сил, прикладених до тіла в одній точці, дорівнює за модулем діагоналі паралелограма, побудованого на даних силах, збігається з діагоналлю і прикладена в тій самій точці.



Побудову діагоналі паралелограма (рис. ..4, а), сторонами якого є задані вектори, називають векторним або геометричним додаванням. Отже, можна сказати, що рівнодіюча двох сил, прикладених в одній точці, дорівнює їх векторній сумі $R = P + Q$ і прикладена в тій самій точці.

Розглянемо окремі випадки додавання двох сил:

1. $\varphi = 0$, тоді $R = P + Q$.

Рівнодіюча двох сил, що діють по одній прямій в одному напрямі, дорівнює їх сумі і напрямлена по тій самій прямій і в той самий бік.

2. $\varphi = 180^\circ$, тоді $R = P - Q$.

Рівнодіюча двох сил, що діють по одній прямій у протилежних напрямках, дорівнює різниці цих сил і напрямлена по тій самій прямій у бік більшої сили.

3. $\varphi = 90^\circ$, тоді $R = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Рівнодіюча двох сил, що діють під прямим кутом, дорівнює за величиною діагоналі прямокутника, побудованого на цих силах.

Основні типи в'язей та їх реакції

У теоретичній механіці тіла діляться на вільні та невольні.

Тіло вважається вільним, якщо воно має можливість необмежено рухатись у

просторі в будь – якому напрямку.

Тіло, рух якого у просторі чимось обмежується, вважається невідільним.

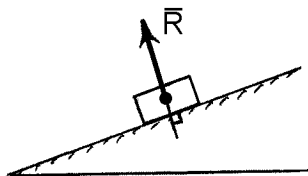
Тіла, або перешкоди які, обмежують рух даного тіла, називаються в'язями.

Механічна дія в'язі на дане тіло має назву сили реакції в'язі (в подальшому "реакція").

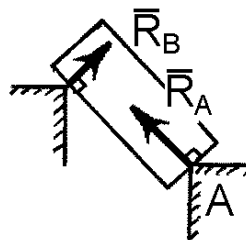
Розглянемо основні типи в'язей як розрахункові моделі. Кожна з цих в'язей має свою назву, графічне зображення і свої реакції.

1. Ідеально гладенька площина або опора (рис. 1.5, а). Реакція цієї в'язі \bar{R} напрямлена перпендикулярно до площини, або розташована вздовж нормалі. Гладенька площина накладає одну в'язь – неможливість рухатись по нормалі до поверхні, тому буде одна реакція, яка напрямлена проти напрямку втраченого переміщення за рахунок накладення в'язі.

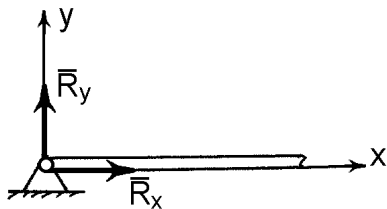
Якщо поверхня буде сферичною (рис. 1.5, а), то реакція \bar{R}_A проходить крізь центри сфер O і O_1 по нормалі l (перпендикулярно до дотичної τ).



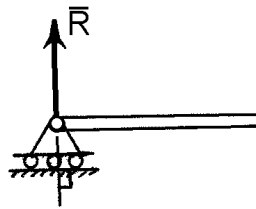
а



б



в



г

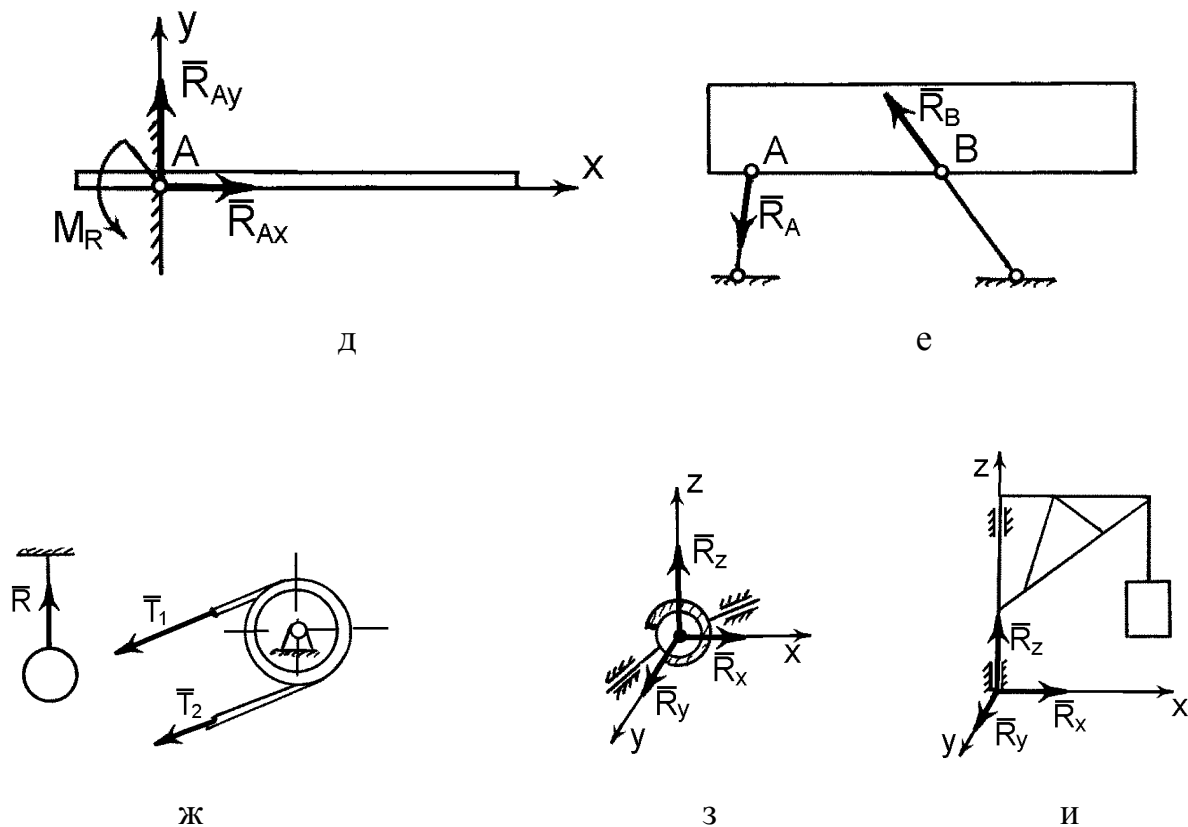


Рис. 1.5

2. Точкова опора (рис. 1.5, б). Якщо гладенька площина вироджується у лінію або точку, то реакція в'язей \bar{R}_A і \bar{R}_B буде спрямована по перпендикуляру до лінії (поверхні) тіла, яке утримується в даній точці.

3. Шарнірно – нерухома опора або нерухомий шарнір (рис. 1.5, в). Реакція шарнірно – нерухомої опори прикладена у центрі шарніра і невідома за напрямком. При аналітичному розрахунку вектор реакції розкладається на дві складових вздовж осей координат R_x і R_y . З другого боку, ця опора накладає дві в'язі – неможливість вертикального і горизонтального рухів, тому і буде дві відповідні складові реакції у площині, яка перпендикулярна осі шарніра.

4. Шарнірно – рухома опора або каток (рис. 1.5, г). Реакція цієї в'язі \bar{R} спрямована перпендикулярно до площини, по якій рухається каток.

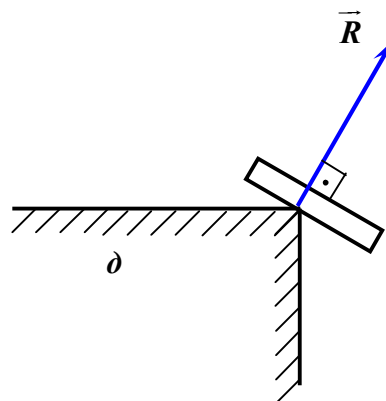
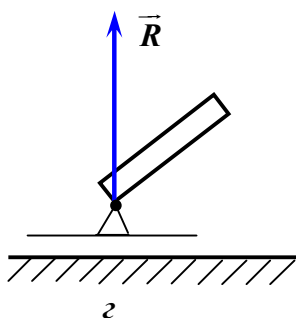
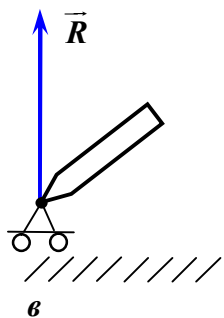
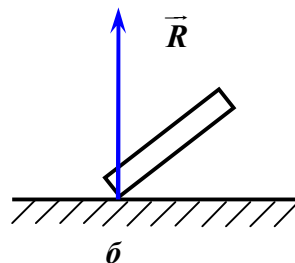
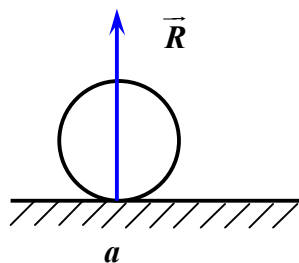
5. Жорстке закріплення (рис. 1.5, д). Реакція цієї в'язі повинна бути представлена двома складовими у вигляді сил \bar{R}_{Ax} , і \bar{R}_{Ay} та реактивного моменту M_R . Це відповідає кількості в'язей, які накладає ця опора: неможливість вертикального і горизонтального рухів і повороту у площині.

6. Ідеальний стержень, тобто невагомий тонкий стержень, на кінцях якого встановлені циліндричні шарніри і який працює тільки на розтяг або на стиск (рис. 1.5, е). Реакція цієї в'язі \bar{R} спрямована вздовж стержня і прикладена у центрі шарніра.

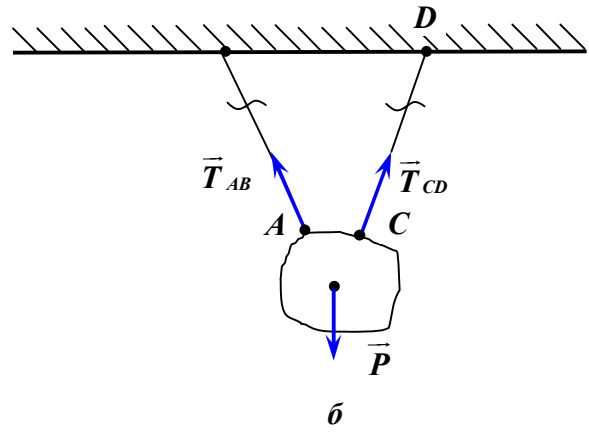
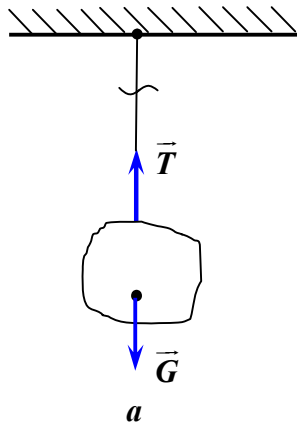
7. Гнучка нитка або в'язь, яка здійснюється ідеальними гнучкими тілами, тобто невагомими, нерозтяжними нитками: канатами, пасами, ланцюгами (рис. 5.1, ж). Реакція цієї в'язі \bar{R} напрямлена вздовж нитки і прикладена у точці закріплення A . У пасовій передачі натяги в її гілках \bar{T}_1 і \bar{T}_2 також вважаються реакціями гнучких в'язей.

8. Сферичний шарнір або його частковий випадок – підп'ятник (рис. 1.5, з, и). Реакція цієї в'язі повинна бути зображеною трьома складовими у вигляді реакцій \bar{R}_x , \bar{R}_y , \bar{R}_z , напрямлених вздовж осей просторової декартової системи координат $x y z$, з початком у центрі сферичного шарніра або підп'ятника.

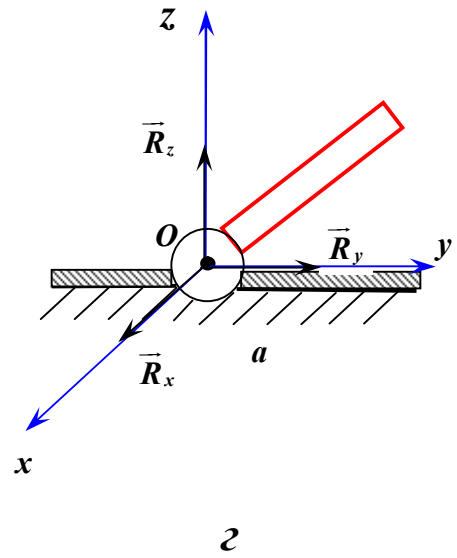
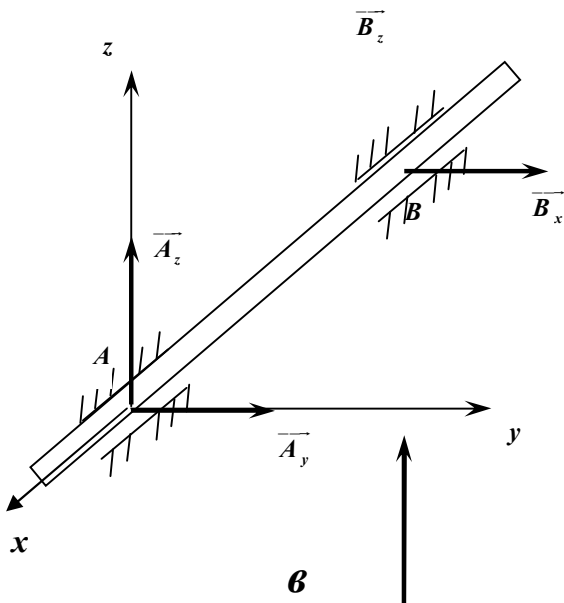
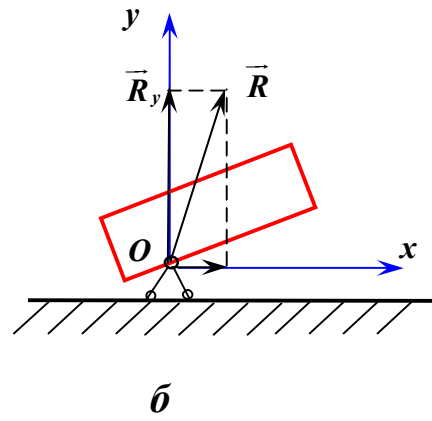
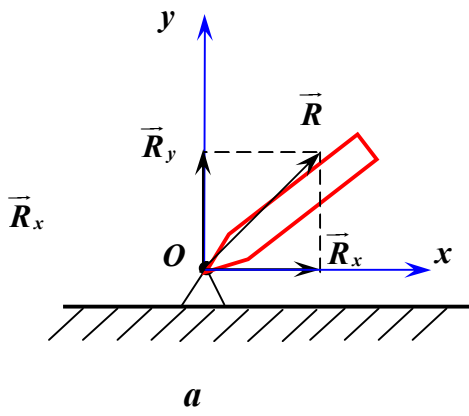
У зв'язку з введенням поняття в'язей вводиться VI та VII аксіоми статки, які носять назви аксіоми про звільнення від в'язей та аксіоми про накладання нових в'язей.



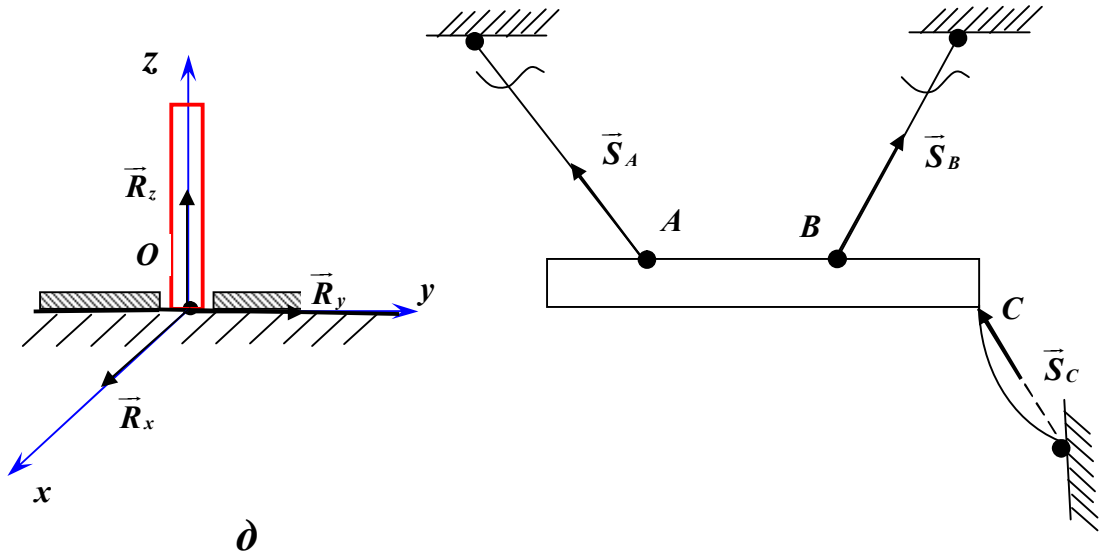
а,б – гладка опорна поверхня; в,г – рухомо-шарнірна опора (коток); д – гладке ребро



Гнучкі в'язі



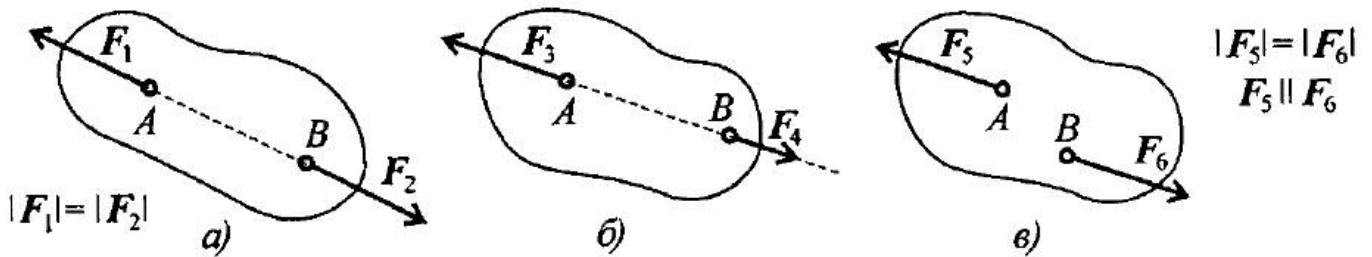
2



а,б – циліндричний шарнір; в – радіальний підшипник; г – сферичний шарнір;
 д – підп'ятник; е – стержневі в'язі.

Питання для самоконтролю

1. Яка із приведених систем сил зрівноважена?



2. Які системи сил можна забрати не порушуючи стану тіла?

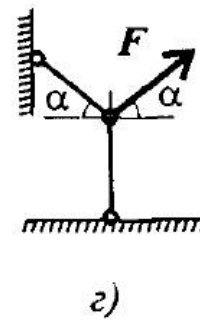
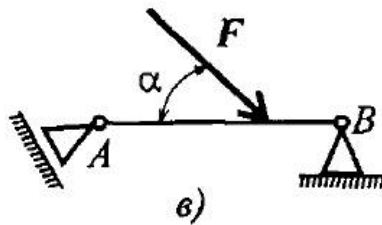
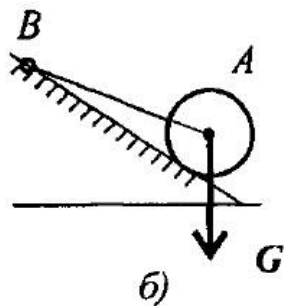
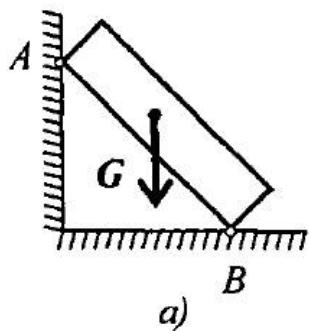


3. При яких умовах тверде тіло буде знаходитись у стані рівноваги, якщо до нього прикладені три сили?

4. Чи можливо, не порушуючи стану вільного твердого тіла, переносити силу вздовж лінії її дії?

5. На певну точку A твердого тіла діють дві рівні за модулем сили. При якому значенні кута φ між ними: а) рівнодіюча менше кожної із складових; б) рівнодіюча більше кожної із складових; в) рівнодіюча дорівнює складовим.

6. Вкажіть можливі напрямки реакцій в опорах.



а, б – циліндричний шарнір; в – радіальний підшипник; г – сферичний шарнір; д – підп'ятник; е – стержневі в'язі.