

§ 31. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ. «ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО» МЕХАНІКИ

?! Давні греки не лише навчилися користуватися такими простими механізмами, як важіль, блок тощо, а й з'ясували, чому ці пристрої дозволяють отримати виграш у зусиллях. Разом із тим прості механізми дають програш у відстані. А чи дають вони виграш у роботі? Слід зазначити, що винаходи стародавніх механіків не відійшли в минуле, — і сьогодні вдосконалені «нащадки» тих простих механізмів зустрічаються на заводах та будівельних майданчиках, транспортних засобах та побутових приладах. Чому так?

1 Пригадуємо важіль та блок

Для полегшення праці людина з давніх-давен використовувала різні прості механізми. З деякими з них ви вже знайомі. Пригадаємо, що важелем користувалися ще в Стародавньому Єгипті під час будівництва пірамід і храмів. Властивість важеля давати виграш у силі впливає з умови його рівноваги. Ви вже знаєте, що блоки можна розглядати як важелі з рівними плечами (нерухомий блок) та з плечами, які за довжиною відрізняються у 2 рази (рухомий блок). Різновидом важеля є коловорот, який, наприклад, використовується у системі рульового керування автомобілем (рис. 31.1).

2 Відкриваємо «золоте правило» механіки

Отже, важелі з різними плечами та рухомі блоки дозволяють одержати виграш у силі. Та чи «задарма» дається такий виграш? Виявляється, що під час застосування важеля довший його кінець проходить більший шлях (рис. 31.2): важке тіло підніметься на невелику висоту (h_2), а кінець довгого плеча важеля, до якого прикладена мала сила, опуститься на значно більшу висоту (h_1). Таким чином, отримавши перевагу в силі, ми програємо у відстані. Тот самий результат ми отримуємо під час використання рухомого блока (рис. 31.3).

Класичні розрахунки дій важелів і блоків належать видатному му античному механікови *Архімеду*.

Рис. 31.1. Виграш у силі F_2/F_1 , який дає кермо, дорівнює відношенню радіуса R керма до радіуса r шестерні, яка повертає колеса автомобіля

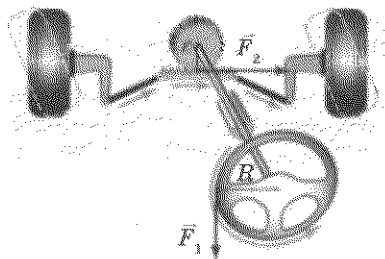
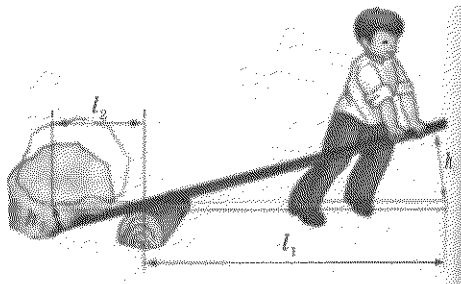


Рис. 31.2. У скільки разів плече l_1 важеля довше від плеча l_2 , у стільки разів висота h_1 більша від висоти h_2



Архімед вивів правило, яке можна застосувати не лише до важеля, але й до всіх простих механізмів. Це правило отримало назву **«золотого правила» механіки**:

У скільки разів простий механізм дає вииграш у силі, у стільки ж разів він дає програш у відстані.

Слід зазначити, що «золоте правило» виконується за *ідеальних умов*, коли рухомі частини простих механізмів не мають ваги, а між тілами, які ковзають або котяться одне по одному, немає тертя.

Із закону збереження енергії випливає, що прості механізми не дають виграшу в роботі. Дійсно, згідно із «золотим правилом» механіки

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}. \text{ Тобто } F_1 l_1 = F_2 l_2 \Rightarrow A_1 = A_2.$$

3 Досліджуємо похилу площину

Окрім важеля та блока люди з античних часів використовують ще один простий механізм — *похилу площину* (рис. 31.4). За допомогою похилої площини можна піднімати важкі предмети, прикладаючи до них відносно невелику силу.

«Тіло на похилій площині втримується силою, що... за величиною у стільки разів менша за вагу цього тіла, у скільки разів довжина похилої площини більша від її висоти» — так умову рівноваги сил на похилій площині сформулював голландський учений *Симон Стевін* (1548–1620).

Доведемо це дослідним шляхом. Наприклад, треба втягти тіло на висоту h по похилій площині завдовжки l . Для зменшення сили тертя краще скористатися котком (рис. 31.5). Щоб підняти коток, потрібно прикладати до нього силу, значення якої дорівнює значенню сили тяжіння $F_{\text{тяж}}$, а щоб втягувати його похилою площиною — силу F . У разі піднімання котка на висоту h виконується робота $A_1 = F_{\text{тяж}} h$. У разі втягування котка похилою площиною на відстань l виконується робота $A_2 = Fl$. За відсутності тертя $A_1 = A_2$, тобто $F_{\text{тяж}} h = Fl \Rightarrow \frac{F_{\text{тяж}}}{F} = \frac{l}{h}$.

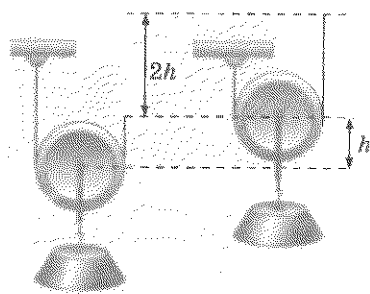


Рис. 31.3. Якщо мотузку підняти на висоту $2h$, то рухомий блок із вантажем підніметься на висоту h

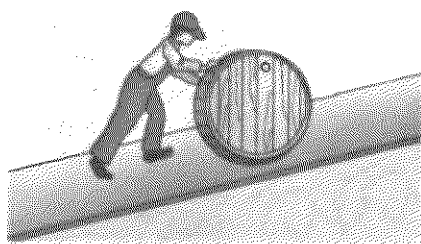


Рис. 31.4. Похила площина є незамінною, коли потрібно підняти вантаж. Чим пологіший ухил площини, тим легше виконати цю роботу

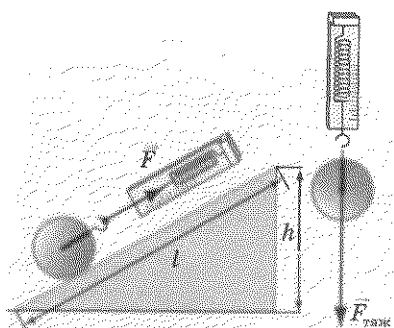


Рис. 31.5. Для втягування тіла по похилій площині потрібна значно менша сила, ніж для безпосереднього підняття тіла

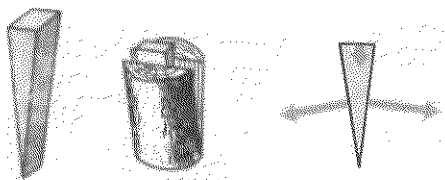


Рис. 31.6. Клин не тільки дає виграш у силі, але й змінює її напрямок

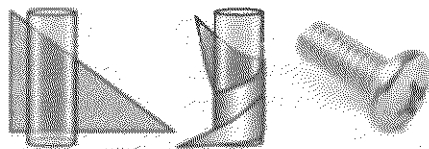


Рис. 31.7. Різновидом похилої площини є гвинт

Для похилої площини «золоте правило» механіки виконується за умови відсутності тертя між тілом, яке втягають похилою площиною, і поверхнею площини.

4 Знайомимосся з різновидами похилої площини

Властивості похилої площини реалізуються у використанні, наприклад, ескалаторів, звичайних сходів і конвеєрів. Одним із різновидів похилої площини є *клин*. Щоб полегшити рубання дров, у тріщину колоди вставляють клин і б'ють по ньому обухом сокири. Під час ударяння на клин діють три тіла: зверху обух сокири і з боків — дві частини колоди. Відповідно клин діє на обух сокири вгору, а на деревину колоди — в боки, тобто розсовує половинки колоди. Таким чином, клин змінює напрямок сили сокири. Крім того, сила, з якою він розсовує половинки колоди в різні боки, набагато більша від сили, з якою сокира вдаряє по клину (рис. 31.6).

Різновидом похилої площини також є *гвинт*. Візьмемо трикутник, який вирізано з картону і розташуємо його поряд із циліндром. Похилою площиною слугуватиме ребро картону. Обгорнувши трикутник навколо циліндра, ми одержимо гвинтову похилу площину (рис. 31.7). Нарізка гвинта — це похила площина, яку багато разів обернуто навколо циліндра. Подібно до клина гвинт може змінювати напрямок і числове значення прикладеної сили.

Принцип дії гвинта використовують у багатьох механізмах та пристроях: механічних домкратах і підійомниках, м'ясорубці, лещатах, струбцинах, свердлах, шурупах, різьбових кріпленнях тощо.

5 Доводимо «золоте правило» механіки для гідравлічного преса

«Золоте правило» механіки справджується і для гідравлічного преса. Під час стискання рідина практично не змінює свого об'єму, тому при опусканні малий поршень витісняє з малого циліндра такий самий об'єм рідини, який потрапляє до великого циліндра: $V_1 = V_2$. Оскільки $V_1 = S_1 h_1$, а $V_2 = S_2 h_2$ (де S_1 та S_2 — площі малого та великого поршнів відповідно; h_1 та h_2 — відстані, на які відповідно пересуваються поршні), то $S_1 h_1 = S_2 h_2 \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{S_2}{S_1}$.

З умови рівноваги для гідравлічного преса $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$ (де F_1 та F_2 — сили, що діють відповідно на малий та великий поршні) (див. § 22) отримуємо $\frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2}$.

Тобто у скільки разів прес збільшує силу на великому поршні, у стільки ж разів зменшується відстань, на яку пересувається великий поршень. Таким чином, одержавши виграв у силі, ми знов отримуємо такий самий програш у відстані (рис. 31.8).

Для гідравлічного преса «золоте правило» виконується за умови нехтування масою поршнів та силою опору руху рідини під час її перетікання з малого циліндра у великий.

6 Знаходимо прості механізми в сучасних машинах

Прості механізми — це трудівники зі стажем роботи понад 30 століть, але вони анітрохи не «постаріли», адже в кожному сучасному технічному пристрої ми обов'язково знайдемо простий механізм, і не один.

Так, важелі та коловороти можна знайти в конструкції велосипеда і автомобіля. На будь-якому будівельному майданчику працюють піднімальні крани — це сполучення важелів, блоків, коловоротів. Важелі та блоки — неодмінні складники конструкцій шляхо- і трубоукладачів (рис. 31.9), піднімальних кранів та інших машин. Транспортери, які використовують у шахтах та на фабриках, є прикладами похилої площини (рис. 31.10). Коловорот та гвинт використовуються в механічних домкратах.

! Підбиваємо підсумки

З давніх часів людина для полегшення своєї праці використовувала прості механізми. До простих механізмів належать: важіль, блок, коловорот, похила площина, клин, гвинт.

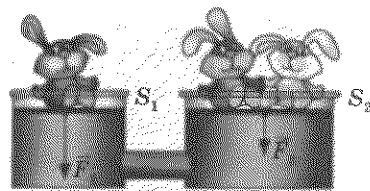


Рис. 31.8. Сила тиску на поршень одного кроленяти вдвічі менша за силу тиску двох кроленят. Тому, якщо одне кроленя опустити на певну висоту, то двоє кроленят піднімуться на вдвічі меншу висоту

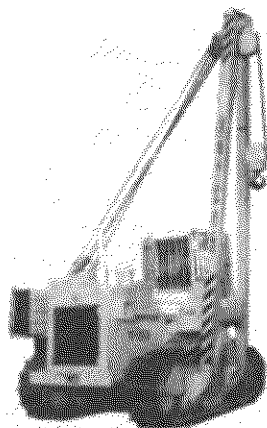


Рис. 31.9. Блоки та важелі легко вгадуються в конструкції трубоукладачів та інших машин




Рис. 31.10. Конвейер є прикладом використання властивостей похилої площини

Для всіх простих механізмів і для гідравлічного преса справджується «золоте правило» механіки: у скільки разів простий механізм дає виграш у силі, у стільки ж разів він дає програш у відстані. «Золоте правило» механіки виконується за ідеальних умов.

Простий механізм — неодмінний складник сучасних машин. У цих машинах може бути декілька простих механізмів.

- ?** **Контрольні запитання**
-
1. Для чого використовують прості механізми?
 2. Сформулюйте «золоте правило» механіки для простого механізму.
 3. Назвіть різновиди похилої площини.
 4. Який виграш у силі дає похила площина?
 5. Сформулюйте «золоте правило» механіки для гідравлічного преса.
 6. Наведіть приклади використання простих механізмів у сучасних машинах.

-  **Вправа № 31**
-
- Вважайте, що дії відбуваються за ідеальних умов.*
1. Піднімаючи вантаж за допомогою важеля, отримали виграш у силі в 3 рази. При цьому вантаж, який був прив'язаний до лівого кінця важеля, піднявся на висоту 20 см. На скільки опустився правий кінець важеля?
 2. За допомогою рухомого блока людина піднімає відро масою 20 кг. Якою силою при цьому людина діє на мотузку?
 3. За допомогою важеля підняли вантаж масою 100 кг. На яку висоту було піднято вантаж, якщо на довге плече важеля діяла сила 250 Н, а точка прикладання сили опустилася на 30 см?
 4. Яку силу треба прикласти, щоб підняти похилою площиною візок масою 60 кг, якщо висота похилої площини дорівнює 80 см, а її довжина становить 3,2 м?
 5. У результаті стиснення деталі гідравлічним пресом силою 10 кН великий поршень піднявся на 5 мм. Яка сила була прикладена до малого поршня, якщо він опустився на 20 см?

- ?** **Експериментальне завдання**
-
- Огляньте побутову м'ясорубку. Укажіть усі прості механізми, що входять до її складу.