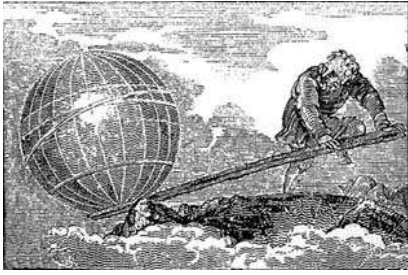
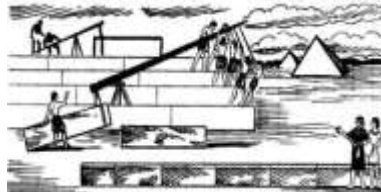
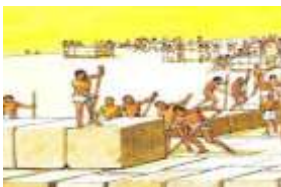


## Момент сили. Важіль. Блок. Похила площина.



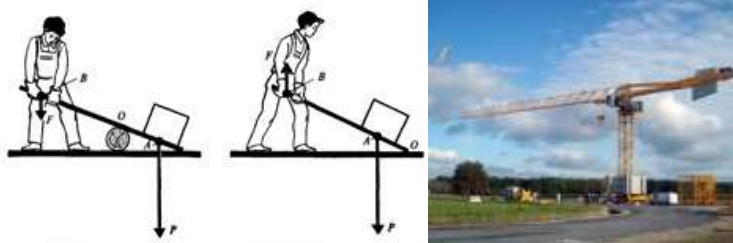
### Важіль

Використовуючи різні пристосування, людина з незапам'ятних часів прагнула полегшити свою роботу, пов'язану з переміщенням і підйомом важких предметів. У фізиці пристосування для перетворення руху й сили називають механізмами. Більшість із них були винайдені ще до нашої ери. Ще давні єгиптяни використали важіль і похилу, щоб підняти важкі кам'яні блоки до вершини піраміди.



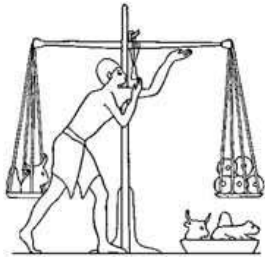
Механізми, що використовуються людиною, можуть бути влаштовані дуже складно, однак для розуміння їх роботи достатньо вивчити так звані прості механізми — важіль і похилу площину.

Кожному відомо, що важкий предмет можна зрушити з місця за допомогою досить довгого стрижня. Причому цей стрижень обертається навколо нерухомої точки опори (цю точку називають *віссю обертання*).



- **Важіль** — це твердий стрижень, що може обертатися навколо нерухомої опори.

Важіль — перший найпростіший механізм, яким людина користувалася протягом десятків тисяч років. Зображення важеля можна знайти в стародавніх книгах, на стінах храмів, папірусах.



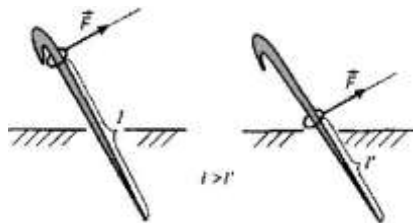
Прикладом важелів можуть служити ножиці, плоскогубці.



Важіль — це не обов'язково довгий і тонкий предмет. Наприклад, колесо — теж важіль, тому що це тверде тіло, що обертається навколо осі.



Введемо ще два визначення. *Лінією дії сили* назвемо пряму, що проходить через вектор сили. Найкоротшу відстань від осі важеля до лінії дії сили назвемо *плечем сили*.



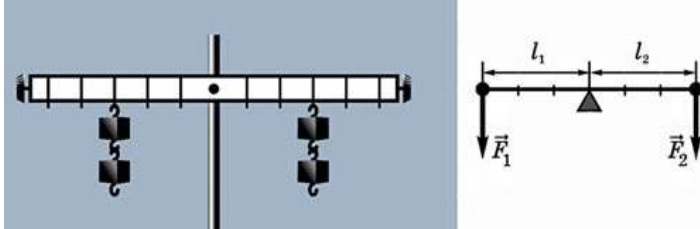
З курсу геометрії ви знаєте, що найкоротша відстань від точки до прямої — це перпендикуляр до цієї прямої.

Вивчимо умови рівноваги важеля дослідним шляхом. Візьмемо як важіль міцний стрижень із поділками, нанесеними на рівних відстанях одна від

одної, який може вільно обертатися навколо осі, що проходить через його середину. Будемо підвішувати до важеля різні вантажі, домагаючись того, щоб важіль із вантажами перебував у рівновазі.

З боку вантажів на важіль будуть діяти сили  $\vec{F}_1$  і  $\vec{F}_2$ , що дорівнюють вагам цих вантажів.

Позначимо  $l_1$  й  $l_2$  плечі сил  $\vec{F}_1$  і  $\vec{F}_2$ , відповідно.



Поставивши кілька дослідів, ми виявимо, що важіль перебуває в рівновазі під дією двох сил, якщо:

- 1) прикладені до важеля сили намагаються обертати його в протилежних напрямках;
- 2) модулі прикладених до важеля сил обернено пропорційні плечам цих сил:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

### Момент сили. Правило моментів

З тих пір як Архімед установив правило важеля, воно проіснувало в первинному виді майже 1900 років. І лише в 1687 році французький учений П. Вариньон надав йому більш загальної форми, скориставшись поняттям моменту сили.



- Добуток модуля сили на її плече називають **моментом сили**.

$$M = Fl,$$

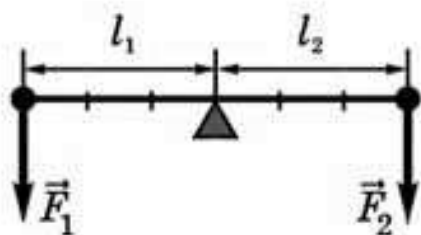
де  $M$  — момент сили,  $F$  — сила,  $l$  — плече сили.

Доведемо, що важіль перебуває в рівновазі, якщо момент сили, що обертає його за годинниковою стрілкою, дорівнює моменту сили, що обертає його проти годинникової стрілки, тобто

$$M_1 = M_2.$$

Перетворимо вираз  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$  так, щоб у кожній частині рівності стояли величини, що характеризують тільки одну силу: її модуль і плече. Ми одержимо  $F_1 l_1 = F_2 l_2$

Але  $F_1 l_1 = M_1$  — момент сили, що намагається повернути важіль проти годинникової стрілки, а  $F_2 l_2 = M_2$  — момент сили, що намагається повернути важіль за годинниковою стрілкою.



Умову рівноваги важеля можна тепер сформулювати так:

- *важіль перебуває в рівновазі, якщо сума моментів сил, що обертають важіль в одному напрямку, дорівнює сумі моментів сил, що обертають його в протилежному напрямку.*

Умову рівноваги в такому виді називають *правилом моментів*.

Як впливає з визначення, одиницею моменту сил є 1 Н·м.

З умови рівноваги важеля випливає, що, використовуючи важіль, можна одержати *виграш у силі*. Силою, прикладеною до більшого плеча важеля, можна зрівноважити силу, що значно більша за прикладену.

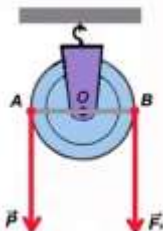
Необхідно звернути увагу учнів на те, що якщо ми за допомогою важеля одержуємо *виграш у силі*, то ми обов'язково програємо в переміщенні.

За допомогою важеля можна одержати *виграш* не тільки в силі, але й у переміщенні — прикладаючи силу до більш короткого плеча важеля. Правда, *виграш* у переміщенні неодмінно супроводжується *програшем* у силі.

### Нерухомий блок

- *Блок, вісь якого закріплена й при підйомі вантажів не опускається й не піднімається, називають **нерухомим блоком**.*

Нерухомий блок можна розглядати як рівноплечий важіль, у якого плечі сил дорівнюють радіусу колеса:  $OA=OB=r$ .



Якщо прикласти до кінців нитки сили, то умовою рівноваги блоку буде рівність прикладених сил:  $F = P$ .

Звідси випливає, що

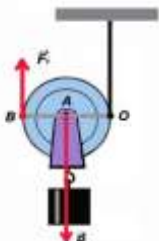
- *нерухомий блок не дає *виграшу* в силі, але дозволяє змінювати напрямок дії сили.*

Необхідно звернути увагу на те, що нерухомий блок не дає програшу у відстані: на яку висоту опуститься кінець мотузки, за який ми тягнемо, на стільки ж підніметься вантаж, що прикріплений до іншого кінця.

### Рухомий блок

- **Рухомий блок** — це блок, що піднімається й опускається разом з вантажем.

Рухомий блок можна розглядати як важіль, що обертається навколо точки торкання мотузки й колеса (на рисунку це точка  $O$ ).



Точка  $O$  — точка опори важеля,  $OA$  — плече сили  $P$  і  $OB$  — плече сили  $F$ . Оскільки плече  $OB$  вдвічі більше плеча  $OA$ , то сила  $F$  вдвічі менше сили  $P$ :

$$F = \frac{P}{2}.$$

Таким чином,

- **рухомий блок дає виграти у силі у два рази.**

Необхідно звернути увагу учнів на те, що, використовуючи рухомий блок, ми програємо в переміщенні теж у два рази: адже для підняття вантажу на висоту  $h$  нам доведеться вибрати трос довжиною  $2h$ .

Крім того, рухомий блок змінює напрямок сили, яку ми прикладаємо до вільного кінця мотузки, на протилежний.

### Похила площина

Похила площина застосовується для переміщення важких предметів на більш високий рівень без їх безпосереднього підняття.

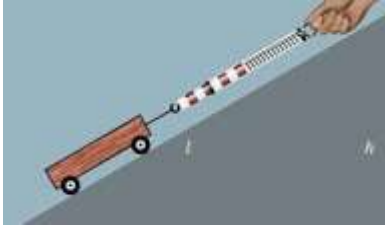
До таких пристроїв належать пандуси, ескалатори, звичайні сходи, а також конвеєри (з роликками для зменшення тертя).



Виміряємо вагу візка.



Будемо піднімати його уздовж похилої площини.



Ми побачимо, що візок можна підняти силою, яка менше ваги візка. Якщо  $l$  — довжина похилої площини,  $h$  — висота похилої площини,  $P$  — вага візка,  $F$  — сила, прикладена до візка, то за відсутності сили тертя можна записати:

$$\frac{P}{F} = \frac{l}{h}$$

Таким чином,

- *при використанні похилої площини виграють у силі в стільки разів, у скільки разів довжина похилої площини більше її висоти.*

Завдяки тому, що похила площина дозволяє одержати вииграш у силі, причому досить значний, якщо її довжина набагато більше висоти, похилу площину використовували ще в давнину для підняття ваг, наприклад, при будівництві єгипетських пірамід.

### **Застосування простих механізмів у техніці й живій природі.**

Для всіх простих механізмів характерно наступне: користуючись ними, можна виграти або в силі (програвши у відстані), або у відстані (програвши в силі).

Правило важеля лежить в основі дії різного роду інструментів і пристроїв, що застосовуються у техніці й побуті там, де потрібен вииграш у силі або шляху. Виграш у силі ми маємо при роботі з ножицями різних видів і гострозубцями.



Важелі різного виду є в багатьох машинах: ручка швейної машини, педалі або ручне гальмо велосипеда, педалі автомобіля й трактора, клавіші піаніно, рукоятки лещат і верстатів, важіль свердлильного верстата й т. ін.



Важелі зустрічаються в різних частинах тіла тварин і людини. Це, наприклад, кінцівки, щелепи. Багато важелів можна вказати в тілі комах, птахів, у будові рослин.

