

§ 32. КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ МЕХАНІЗМІВ

?! «Золоте правило» механіки підказує нам, що виграш у силі, який дають прості механізми, компенсується програшем у відстані. Тому ніякого виграшу в роботі за допомогою простих механізмів ми не отримуємо. Більш того, виявляється, що ми програємо у роботі — частина роботи кудись «зникає». Спробуємо з'ясувати, куди.

1 Знайомимосся з важливою характеристикою механізмів
Припустімо, нам треба підняти на певну висоту вантаж. Для цього перекинемо через нерухомий блок мотузку, прив'яжемо до неї вантаж і будемо рівномірно тягти мотузку вниз. Вантаж почне

підніматися. Оскільки нерухомий блок можна уявити як рівноплечий важіль, то сила, з якою людина тягне мотузку, дорівнюватиме вазі вантажу: $F = P$. Однак на практиці завжди є сила тертя і тому, щоб підняти вантаж, до вільного кінця мотузки треба прикласти силу, що є більшою від ваги вантажу: $F > P$ (рис. 32.1). Під час піднімання вантажу на потрібну висоту h виконується корисна робота $A_{\text{кор}} = Ph$. Робота ж людини з витягування мотузки на довжину h (повна робота) обчислюється за формулою: $A_{\text{повна}} = Fh$. Повна робота буде більшою, ніж корисна робота ($Fh > Ph$), унаслідок тертя.

На практиці корисна робота, яку ми виконуємо за допомогою будь-якого механізму, завжди менша за повну роботу: $A_{\text{кор}} < A_{\text{повна}}$. Тільки в ідеальних випадках корисна робота дорівнювала б повній роботі, але цього ніколи не відбувається.

Відношення корисної роботи до повної роботи називають **коефіцієнтом корисної дії (ККД)**.

ККД позначають символом η («ета») та обчислюють за формулою

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повна}}}$$

або у відсотках:

$$\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повна}}} \cdot 100 \%$$

ККД будь-якого механізму демонструє, яку частину повної роботи механізм перетворює на корисну. Оскільки в ході використання механізмів корисна робота завжди менша за повну, ККД будь-якого механізму завжди менший за 100 %.

2 Учимося розв'язувати задачі

Задача. Тіло масою 20 кг піднімають похилою площиною. Яку силу потрібно прикладати в напрямку руху тіла, якщо довжина похилої площини дорівнює 4 м, висота — 1 м, а ККД становить 80 %?

Дано:

$$m = 20 \text{ кг}$$

$$l = 4 \text{ м}$$

$$h = 1 \text{ м}$$

$$\eta = 80\%$$

$$F = ?$$

Аналіз фізичної проблеми

Під час піднімання вантажу похилою площиною сила, яка прикладена до вантажу вздовж похилої площини, виконує повну роботу. Корисною роботою є зміна потенціальної енергії вантажу, який піднімають похилою площиною. Відношення корисної та повної робіт є ККД похилої площини.

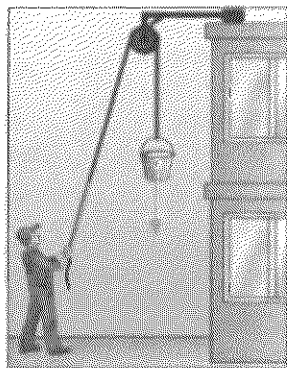


Рис. 32.1. Якщо в нерухомому блоці є тертя, то сила F , з якою людина має тягти мотузку, більша за вагу вантажу

Пошук математичної моделі, розв'язання та аналіз результату

Скористаємося визначенням ККД: $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повна}}} \cdot 100\%$.

При цьому $A_{\text{кор}} = mgh$, $A_{\text{повна}} = Fl$.

$$\text{Звідси } \eta = \frac{mgh}{Fl} \cdot 100\% \Rightarrow F = \frac{mgh}{\eta l} \cdot 100\%.$$

Перевіримо одиницю шуканої величини:

$$[F] = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{М}}{\text{кг}} \cdot \text{М}}{\% \cdot \text{М}} \cdot \% = \text{Н}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$\{F\} = \frac{20 \cdot 10 \cdot 1}{80 \cdot 4} \cdot 100 = 62,5; F = 62,5 \text{ Н}.$$

Проаналізуємо результат: сила 62,5 Н є меншою за вагу тіла 200 Н, тобто похила площина дала виграв у силі $200/62,5 = 3,2$. За умовою програш у відстані $4/1 = 4$. Через те що ККД площини менший за 100 %, виграв у силі менший за програш у відстані, — це правдоподібний результат.

Відповідь: до тіла потрібно прикладати силу 62,5 Н.



Підбиваємо підсумки

На практиці корисна робота, яку ми виконуємо за допомогою будь-якого механізму, завжди є меншою за повну роботу: $A_{\text{кор}} < A_{\text{повна}}$.

Відношення корисної роботи до повної роботи називають коефіцієнтом корисної дії (ККД): $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повна}}}$; $\eta = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{повна}}} \cdot 100\%$.

ККД будь-якого механізму завжди менший за 100 %.



Контрольні запитання

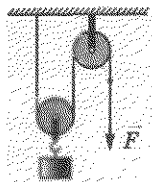
1. Чому на практиці корисна робота завжди менша за повну роботу? 2. Дайте визначення ККД. 3. Яким є максимальне значення ККД будь-якого механізму?



Вправа № 32

1. За допомогою простого механізму виконано корисну роботу 120 Дж. Знайдіть ККД механізму, якщо повна робота дорівнює 150 Дж.
2. Тіло піднімають похилою площиною, виконуючи корисну роботу 180 кДж. Знайдіть повну роботу, якщо ККД похилої площини становить 90%.
3. Вантаж масою 160 кг підняли за допомогою важеля на 25 см, прикладаючи до довгого плеча важеля силу 400 Н. Визначте ККД важеля, якщо кінець довгого плеча опустився на 1 м 25 см.
4. Тіло піднімають похилою площиною, прикладаючи в напрямку руху тіла силу 50 Н. Визначте масу тіла, якщо довжина похилої площини дорівнює 2 м, висота — 50 см, а ККД становить 80 %?

5. Вантаж масою 9 кг піднімають за допомогою пристрою, який складається з рухомого та нерухомого блоків (див. рисунок). Яку силу потрібно прикладати до мотузки, яку перекинута через нерухомий блок, якщо ККД пристрою становить 90 %?



ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В УКРАЇНІ

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова від дня створення у 1865 р. посідає одне з провідних місць в Україні. Він є одним із найстаріших університетів України і разом з Харківським, Київським і Львівським університетами фактично визначає стан і перспективи розвитку освіти, науки та культури країни.

Навчальний процес в університеті забезпечують 10 факультетів. Кількість студентів — близько 14 500 осіб. В університеті працюють 125 докторів наук, професорів, 576 кандидатів наук, доцентів.

Багато яскравих сторінок вписали в історію України та університету всесвітньо відомі вчені: мікробіологи І. І. Мечников, Д. К. Заболотний, фізики Ф. Н. Шведов, М. О. Розумів, фізіолог І. М. Сеченов та інші.