

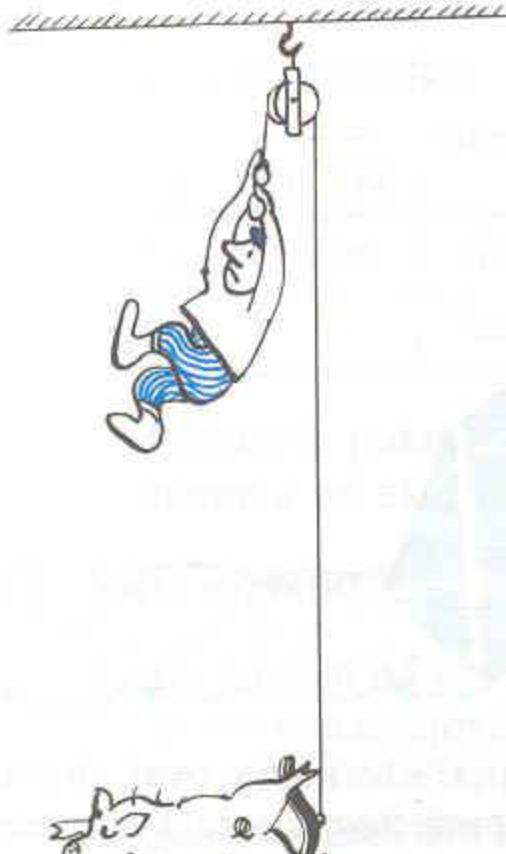


## MÔŽU NÁM JEDNODUCHÉ STROJE UŠETRIŤ PRÁCU?

V siedmej triede sme si ukazovali, ako nám jednoduché stroje (páka, kladka, naklonená rovina a iné) môžu *uľahčiť* prácu. Môžu nám ju aj *ušetriť*?



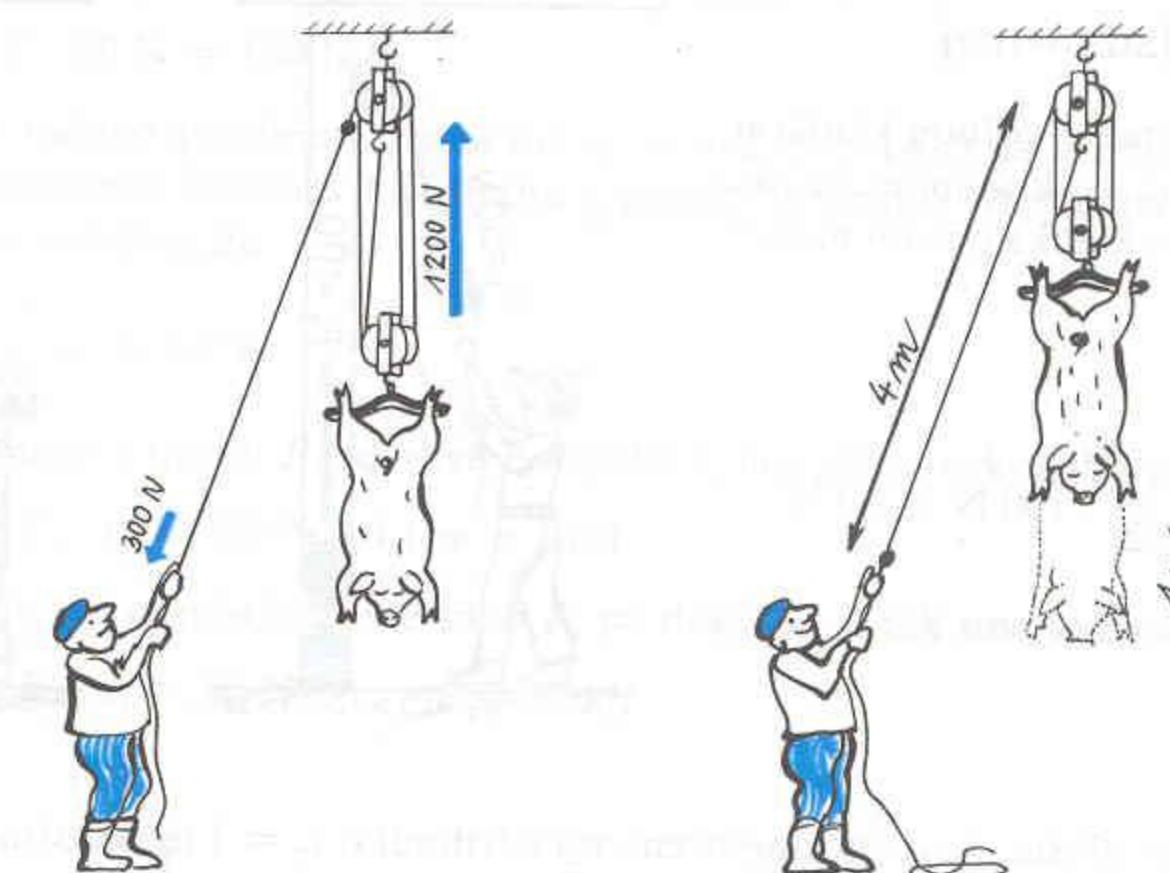
V niekoľkých nasledujúcich článkoch si ukážeme, že *nemôžu*. Pozrime, prečo.



Pán Vavro je mäsiar. Keď zabije ošípanú, oparí ju a odstráni štetiny. Potom ju zvyčajne zavesí za zadné nohy.

Riadna ošípaná váži aj dosť nad 100 kg, a keby ju pán Vavro chcel zdvihnuť iba pevnou kladkou, dopadlo by to ako na obrázku.

Preto použije kladkostroj. Ak je hmotnosť ošípanej 120 kg, je jej tiaž  $1200 \text{ N}$ . Na kladkostroji je zavesená na 4 lanách, lano je teda napínané silou  $1200 \text{ N} : 4 = 300 \text{ N}$ . Rovnakou silou musí na lano pôsobiť aj pán Vavro.



Bez kladkostroja by musel pôsobiť silou  $1200 \text{ N}$ . S kladkostrojom mu stačí sila 4-krát menšia, čiže  $300 \text{ N}$ .

Ako je to s *dráhou*, po ktorej musí pôsobiť?

Predpokladajme, že chce ošípanú zdvihnuť do výšky  $1 \text{ m}$ . Bez kladkostroja by teda musel pôsobiť po dráhe  $s = 1 \text{ m}$ . S kladkostrojom musí pôsobiť po *väčšej* dráhe. Aby skrátil všetky 4 laná o  $1 \text{ m}$ , musí svoj koniec lana vytiahnuť o  $s = 4 \text{ m}$ . (Na lane na obrázku vidíte farebnú značku – bodku. Podľa nej zistíte, o koľko pán Vavro potiahol lano.)

Nakoniec vypočítame *prácu*  $W = F \cdot s$ , ktorú musí pán Vavro vykonať. Bez kladkostroja by musel vykonať prácu  $W = 1200 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1200 \text{ J}$ . S kladkostrojom musí vykonať prácu  $W = 300 \text{ N} \cdot 4 \text{ m} = 1200 \text{ J}$ .

Pri použití kladkostroja musí pán Vavro pôsobiť 4-krát menšou silou, ale po 4-krát dlhšej dráhe. Preto vykoná rovnakú prácu ako bez kladkostroja.

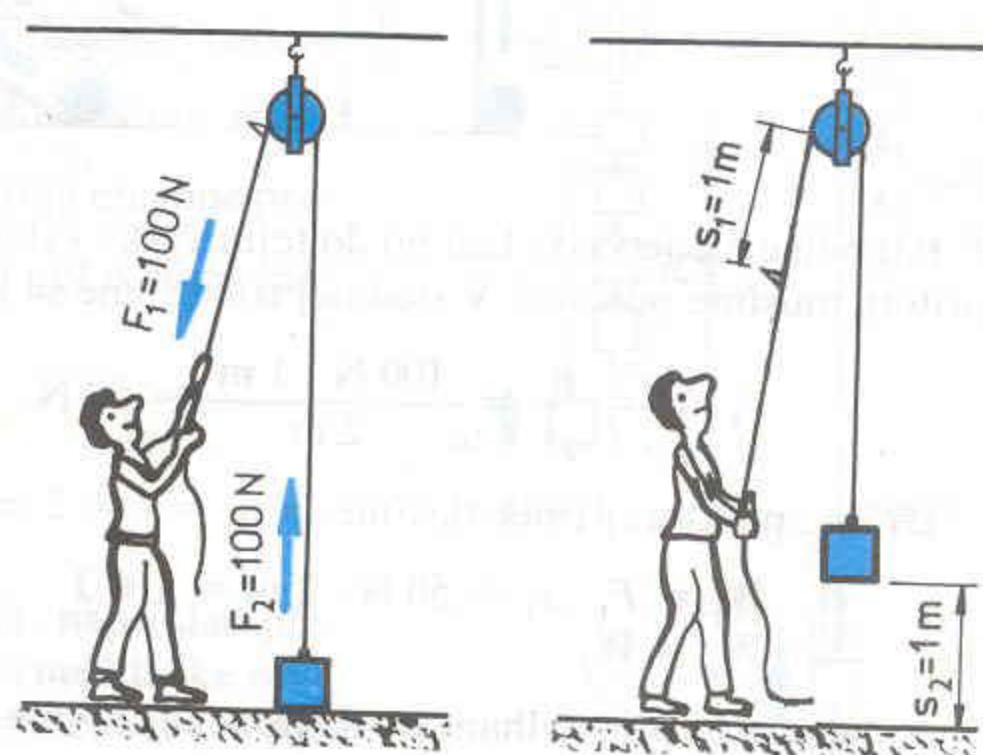
**Použitím jednoduchých strojov sa práca neušetri.**  
**Koľkokrát sa zmenší sila,**  
**tolkokrát sa zväčší dráha.**

Ukážeme si to na niekoľkých ďalších príkladoch jednoduchých strojov.

### Pevná kladka

Pri pevnej kladke je výpočet jednoduchý. Sila  $F_1 = 100 \text{ N}$ , ktorou pôsobíme na lano, rovná sa sile  $F_2 = 100 \text{ N}$ , ktorou lano pôsobí na závažie.

Dráha  $s_1 = 1 \text{ m}$ , o ktorú potiahneme lano, rovná sa dráhe  $s_2 = 1 \text{ m}$ , o ktorú sa zdvihne závažie. (Aj tu zistíte vzdialenosť, o koľko sa lano posunulo, podľa polohy farebnej značky.)

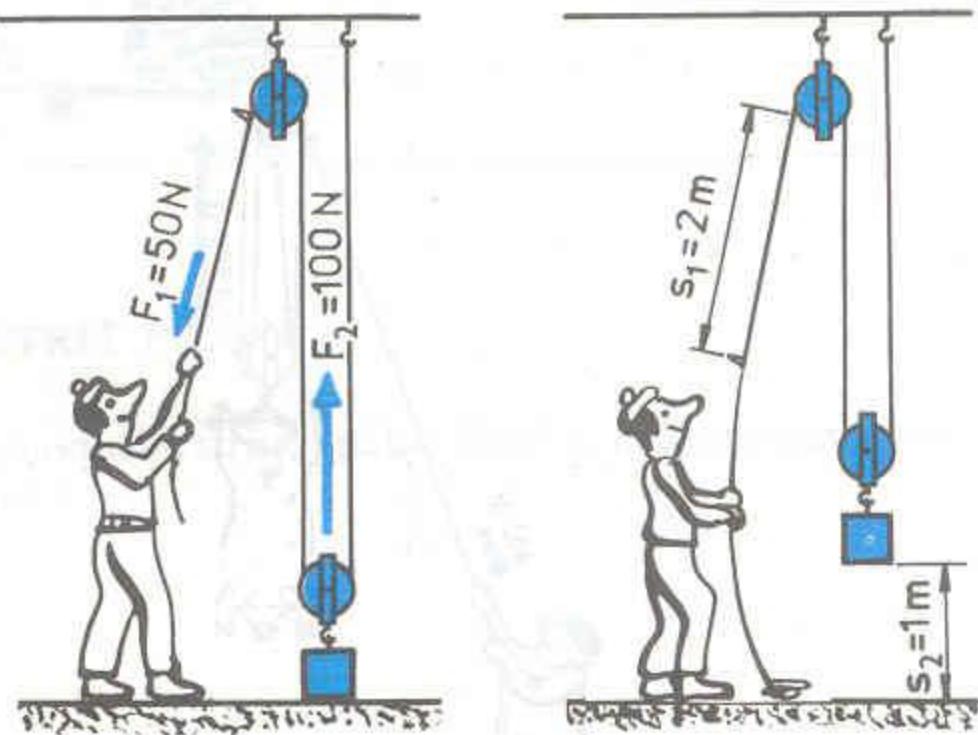


Preto aj práca  $W_1 = F_1 \cdot s_1 = 100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 100 \text{ J}$ , ktorú vykonáme pomocou kladky, rovná sa práci  $W_2 = F_2 \cdot s_2 = 100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 100 \text{ J}$ , ktorú by sme pri zdvívani závažia vykonali bez kladky.

## Voľná kladka a kladkostroj

Kedž zdvívame bremeno voľnou kladkou, pôsobíme na lano silou dvakrát menšou, ako je tá sila, ktorou voľná kladka pôsobí na bremeno:

$$F_1 = \frac{1}{2} F_2 = \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ N} = 50 \text{ N}$$



Zato dráha je dvakrát dlhšia. Kedž chceme bremeno zdvihnuť o  $s_2 = 1 \text{ m}$ , musíme potiahnuť dva krát viac lana:

$$s_1 = 2s_2 = 2 \text{ m}$$

Práca je opäť rovnaká:

$$W_1 = F_1 \cdot s_1 = 50 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} = 100 \text{ J}$$

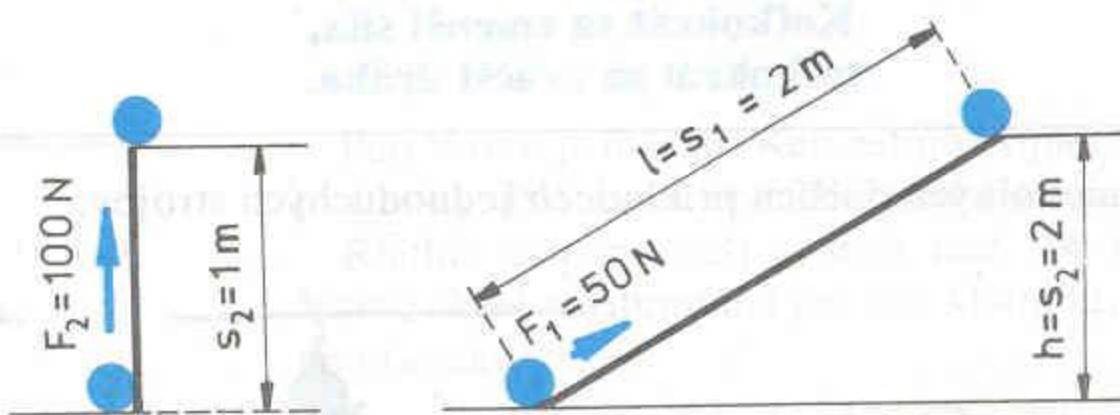
$$W_2 = F_2 \cdot s_2 = 100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 100 \text{ J}$$

$$W_2 = W_1$$

Ako je to s kladkostrojom, to sme už videli. Kladkostroj nám sice ušetrí silu, ale *prácu* musíme vykonať rovnakú, ako keby sme ho nemali.

## Naklonená rovina

Keby sme valec s tiažou  $F_2 = 100 \text{ N}$  zdvihli do výšky  $h = 1 \text{ m}$ , vykonali by sme prácu  $W_2 = F_2 \cdot s_2 = F_2 \cdot h = 100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 100 \text{ J}$ .



Pohodlnejšie je však, keď ho do tejto výšky vykotúlame po naklonenej rovine. Akou silou naň pritom musíme pôsobiť? V siedmej triede sme sa naučili, že táto sila má veľkosť

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot h}{l} = \frac{100 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 50 \text{ N}$$

Dráha, po ktorej valec tlačíme, je  $s_1 = l = 2 \text{ m}$ . A preto práca je

$$W_1 = F_1 \cdot s_1 = 50 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} = 100 \text{ J}$$

$$W_1 = W_2$$

## Páka

Vezmíme si páku, ktorá má ľavé rameno dvakrát dlhšie ako pravé. Keď na ľavú pôsobí silou  $F_1 = 50 \text{ N}$ , bude páka pôsobiť na bremeno silou dvakrát väčšou

$$F_2 = 2 \cdot 50 \text{ N} = 100 \text{ N}$$

Povedzme, že na ľavú pôsobíme po dráhe  $s_1 = 0,2 \text{ m}$  a páka sa dostane do polohy, ktorá je na obrázku nakreslená farebne. Akú dráhu  $s_2$  prejde bremeno? Nájdite na obrázku dva podobné trojuholníky a dokážte, že

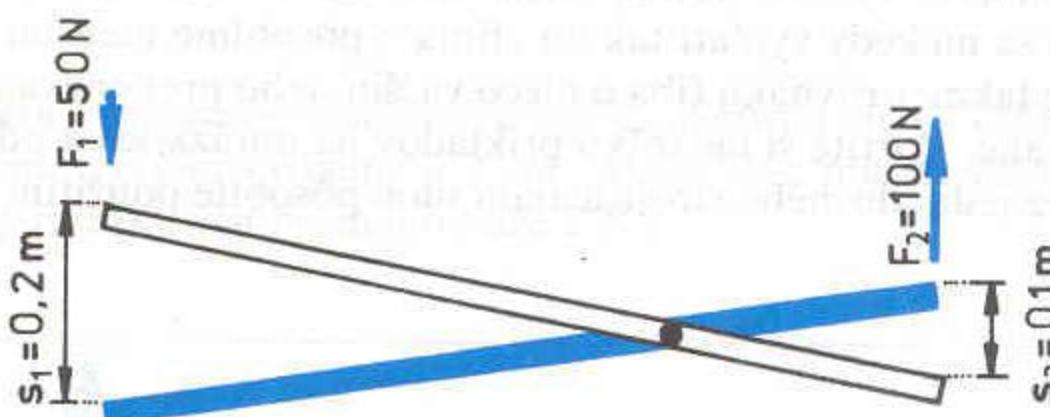
$$s_2 = \frac{1}{2} s_1 = 0,1 \text{ m}$$

Keby sme bremeno s tiažou  $F_2$  zdvívahli do výšky  $s_2$  bez páky, vykonali by sme prácu

$$W_2 = F_2 \cdot s_2 = 100 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m} = 10 \text{ J}$$

Keď sme použili páku, pôsobili sme silou  $F_1$  po dráhe  $s_1$ , a tak sme vykonali prácu

$$W_1 = F_1 \cdot s_1 = 50 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 10 \text{ J}$$



S pákou sme teda pôsobili silou dvakrát menšou, ale po dvakrát väčšej dráhe. Preto sme v oboch prípadoch vykonali rovnakú prácu. A to by platilo aj vtedy, keby bol pomer ramien iný ako 2 : 1.

**Jednoduché stroje nám môžu ušetriť silu, ale nie prácu.**

## PRÁCA SA PREDSA STRÁCA!?

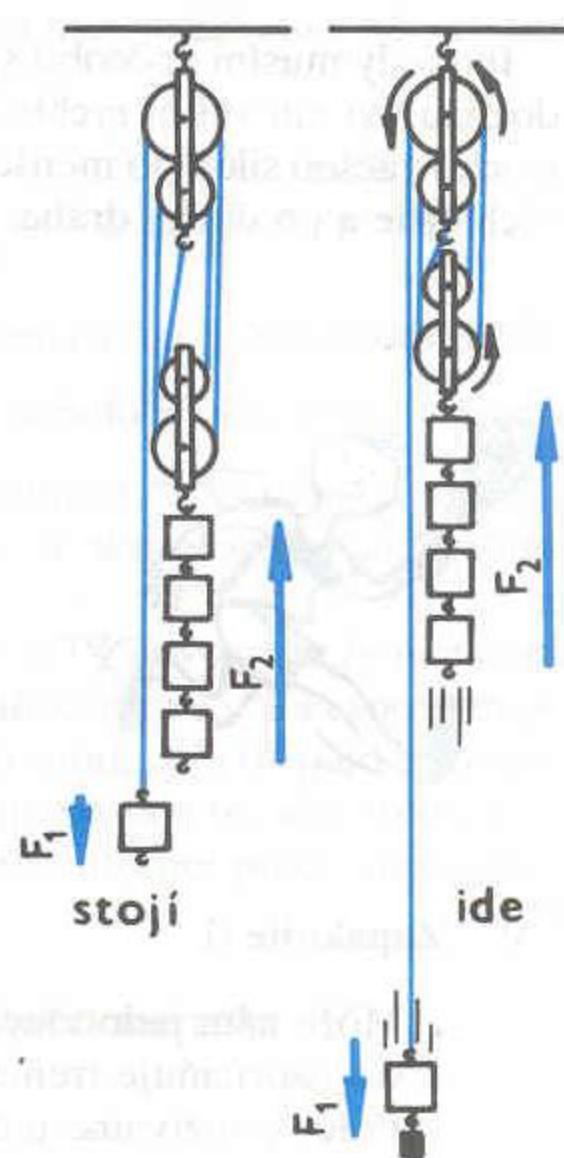
Urobte jeden z pokusov s jednoduchými strojmi, ktoré sme si pred chvíľou opísali. Vyberte si na to stroj, v ktorom cítite veľké trenie. Merajte pritom všetky sily čo najpresnejšie. Čo zistíte?

Keď je kladkostroj v pokoji, vyvážime štyri závažia jediným,  $F_1 = \frac{1}{4} F_2$ . Aby sme však štyri závažia naozaj zdvihli, musíme ich dostať do pohybu a pritom musíme pôsobiť väčšou silou,  $F_1 > \frac{1}{4} F_2$ . To preto, lebo pri pohybe kladkostroja musíme prekonáť aj trenie. Práca, ktorú vykonáme, je teda tiež o niečo väčšia

$$W_1 = F_1 \cdot s_1 > \frac{1}{4} F_2 \cdot 4s_2 = W_2$$

$$W_1 > W_2$$

To isté platí aj pre ostatné jednoduché stroje, napríklad pre pevnú kladku. Na lano v pokoji pôsobíme na pevnej kladke rovnakou silou  $F_1$ , ako je sila  $F_2$ , ktorá pôsobí na bremeno,  $F_1 = F_2$ .



Ked' však bremeno zdvíhame, musí sa kladka otáčať. Aby sa kladka otáčala, musíme prekonat trenie. Preto je pri pohybe  $F_1 > F_2$ .

Povedzte sami, ako je to s pákou a naklonenou rovinou.

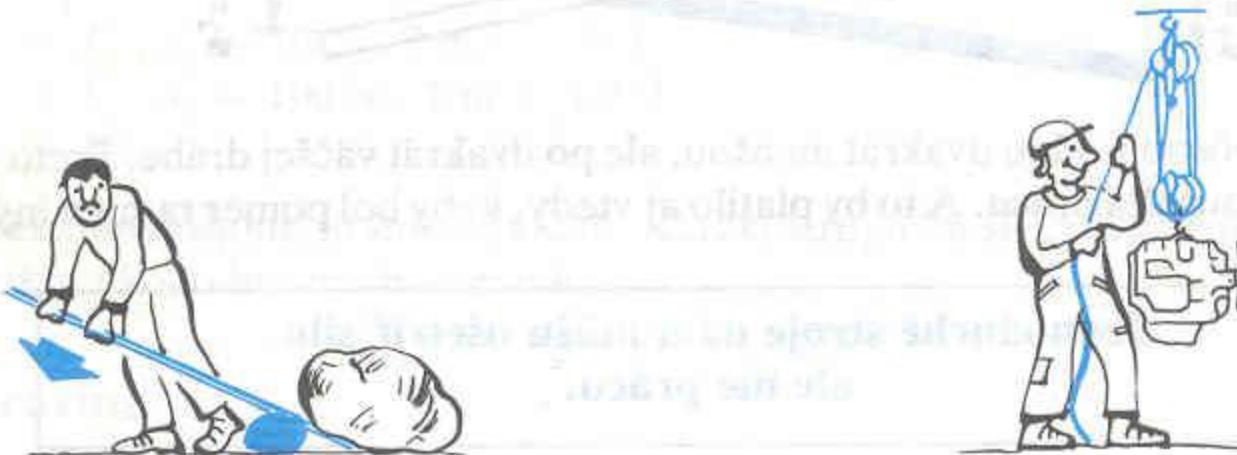
Vo všetkých týchto prípadoch musíme s jednoduchými strojmi vykonať o niečo väčšiu prácu ako bez nich

$$W_1 > W_2$$

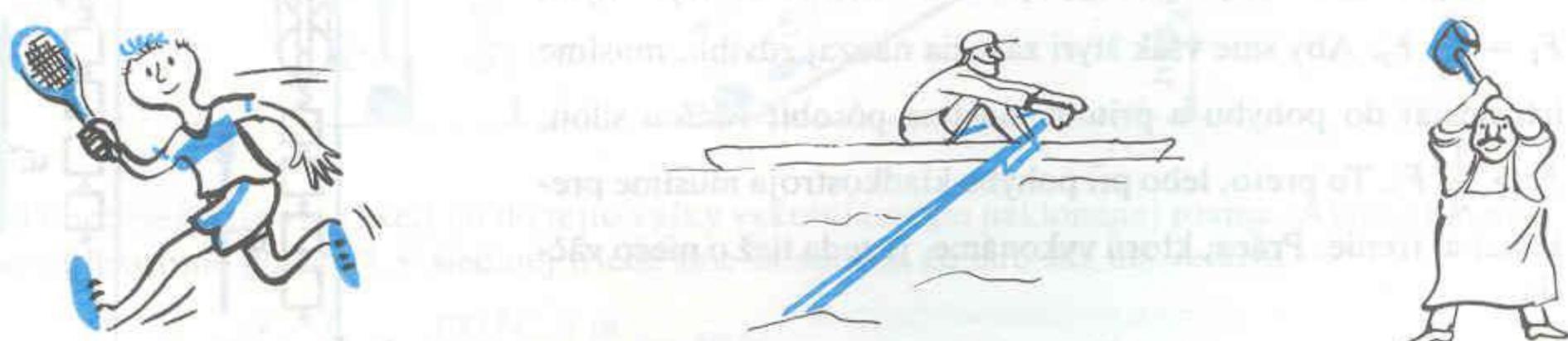
Ked' sú kladky dobre naolejované, čiže os kladky sa ľahko otáča, alebo ked' sa vozíček po naklonenej rovine pohybuje takmer bez trenia, potom je rozdiel veľmi malý a pravdepodobne ho ani nenameriate. Práve preto sme si v predchádzajúcim článku povedali, že práca je rovnaká, či použijeme jednoduchý stroj, alebo nie, teda  $W_1 = W_2$ . Ked' však kladky alebo páky škrípu alebo ked' po naklonenej rovine taháte drevený hranolček bez koliesok, je trenie veľké. Rozdiel medzi prácou  $W_1$  a  $W_2$  vtedy už pocítite.

### PREČO TEDA POUŽÍVAME JEDNODUCHÉ STROJE?

Naše svaly nie sú schopné vyvinúť veľmi veľkú silu. Zato však dokážu pracovať dlhý čas a po dlhej dráhe. Preto sa niekedy vyplatí takáto „finta“: pôsobíme menšou silou, ale po dlhšej dráhe. Prácu vykonáme takmer rovnakú (iba o niečo väčšiu, lebo prekonávame trenie), ale menšou silou a po väčšej dráhe. Pozrite si niekoľko príkladov na obrázkoch a odhadnite, akou silou by ste museli pôsobiť bez jednoduchého stroja a akou silou pôsobíte použitím jednoduchého stroja.



Inokedy musíme pôsobiť sice malou silou, ale rýchlo a po veľkej dráhe. Pretože naše svaly nedokážu byť ani veľmi rýchle, vyplatí sa použiť napríklad páku. Na jej kratšie rameno pôsobíme trochu väčšou silou po menšej dráhe. Jej dlhšie rameno potom pôsobí sice menšou silou, ale zato rýchlejšie a po dlhšej dráhe. Pozrite si aj ďalšie príklady na obrázkoch.



#### A Zopakujte si

- Môže nám jednoduchý stroj ušetriť prácu? Môže vykonať viac práce, ako doň vložíme?
- Čo zapríčinuje trenie, keď používame jednoduché stroje? Ako môžeme trenie zmenšiť?
- Prečo používame jednoduché stroje? Uvedte niekoľko príkladov.

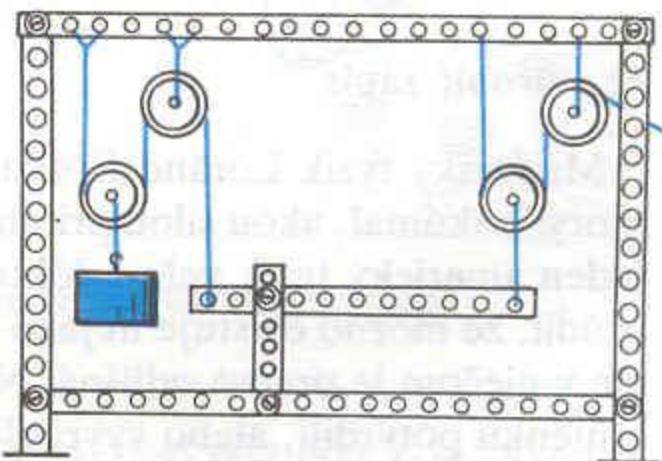
**B** Viete vypočítať?

- Po stúpajúcej ceste dĺžky 0,5 km má vyjsť auto hmotnosti 1 500 kg na kopec s výškou 10 m. Akú prácu vykoná? Akú prácu by vykonalo, keby malo vyjsť na ten istý kopec z druhej strany, ale strmšou cestou dĺžky 200 m?
- Akú prácu vykonáte, keď kladkostrojom, ktorý máte na obrázku na s. 20, zdvívate debnu hmotnosti 100 kg do výšky 1,5 m? V obidvoch prípadoch trenie zanedbajte.

**C** Viete vypočítať?

- Malý Matej zostrojil zo stavebnice MER-KUR takéto zariadenie.

O koľko musí potiahnuť povrázok napravo, aby sa bremeno zdvihlo o 1 cm? Aké ľahké bremeno podvihne, keď pôsobí silou 1 N? Akú prácu vykoná, keď toto bremeno zdvihne o 1 cm? Trenie zanedbajte.



- Z čiernej skrinky na stene visia dva povrázky, čierny a biely. Vždy, keď čierny potiahnete nadol o 1 cm, biely sa vytiahne o 2 cm. Akou silou musíte fahať čierny povrázok, keď na bielom povrázku visí bremeno tiaže 2 N?

**NÁMET NA LABORATÓRNU PRÁCU****Meranie účinnosti jednoduchého stroja**

Práca  $W_2$ , ktorú vykoná jednoduchý stroj, je vždy menšia ako práca  $W_1$ , ktorú stroj spotrebuje – ktorú doň vložíme. Povedali sme si, že za túto stratu môže trenie. Rozličné jednoduché stroje majú rôzne trenia, a preto aj rôzne straty. Tak napríklad v dobre naolejovanom stroji sa môže vykonaná  $W_2$  práca rovnati 99,9 % spotrebovanej práce  $W_1$ , v zle naolejovanom stroji napríklad iba 5 %.

Císlo, ktoré udáva, aká časť našej práce  $W_1$  sa užitočne vynaložila, sa nazýva **účinnosť**. Zvyčajne sa označuje gréckym písmenom  $\eta$  (éta). Účinnosť vypočítame takto:

$$\eta = \frac{W_2}{W_1}$$

Tak napríklad, keď sa polovica práce spotrebuje na prekonanie trenia a iba polovica sa využije užitočne, potom  $W_2 = \frac{1}{2} W_1$  a účinnosť  $\eta = W_2 : W_1 = \frac{1}{2}$ . Keby nebolo trenie, bola by práca vykonaná strojom rovnaká ako práca, ktorú do stroja vložíme, a účinnosť by sa rovnala jednej. Naozaj, keby platilo  $W_2 = W_1$ , muselo by platiť aj  $\eta = W_2 : W_1 = 1$ . V skutočnosti však je vždy  $W_2 < W_1$ , a preto  $\eta < 1$ .

Účinnosť niekedy vyjadrujeme aj v percentoch. Napríklad, ak  $\eta = 0,75$ , hovoríme, že účinnosť je 75 %. To znamená, že z práce, ktorú vykonáme, sa 75 % využije užitočne a 25 % sa spotrebuje na prekonanie trenia. Keby v stroji neboli nijaké straty zapríčinené trením, bola by jeho účinnosť stopercentná. Keď teda v praxi používame jednoduché stroje, usilujeme sa o to, aby straty boli čo najmenšie, čiže aby bola účinnosť čo najbližšie k 100 %. V tejto laboratórnej práci si odmeria- me, aká je účinnosť naklonenej roviny.

*Čo budete potrebovať:* naklonenú rovinu, vozíček, hranolček, silomer, meradlo.

- Zostavte naklonenú rovinu a odmerajte jej výšku  $h$  aj dĺžku  $l$ .