

# Jednoduché stroje

**VIDEO K TÉMATU:** <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/video/>

Jednoduché stroje jsou využívány především kvůli tomu, aby lidem usnadnily práci. Základním principem jednoduchého stroje je působení menší silou po delší dráze.

Mechanická práce (kterou vypočteme ze vzorce  $W=F \cdot s$ ) by měla být v ideálním případě stejná ať použijeme jednoduchý stroj či ne. Je totiž jedno, jestli působíme menší silou po delší dráze nebo větší silou po kratší dráze. V Případě jednoduchých strojů je dokonce celková práce ještě o něco větší, protože nesmíme zapomenout na tření. Na to navazuje zlaté pravidlo mechaniky: "S využitím jednoduchých strojů se nedá ušetřit práce."

Jednoduché stroje jsou zařízení, které přenášejí sílu a mechanický pohyb z jednoho tělesa na druhé. Přitom umožňují měnit směr síly, přenášet její působiště a znásobovat velikost této síly. Poměrně malými silami dosahujeme pomocí jednoduchých strojů velkých účinků. Přitom však účinek malé síly musíme nahradit působením po větší dráze, takže práce, kterou vykonáme s použitím jednoduchého stroje, je stejná jako bez něho - stroj tedy vykoná jen takovou práci, kterou mu dodáme. Usnadňují ale práci tím, že působíme menší silou, tedy s menší námahou.

**Tvrzení, že jednoduché stroje zmenšují práci, je nesprávné.** Zmenšují fyzickou námahu (a to je něco jiného než mechanická práce), protože působíme na dané těleso menší silou. Ve stejném poměru, v jakém se zmenší velikost síly, se zvětší dráha, na které budeme muset silou působit.

V literatuře se uvádí, že jednoduchých strojů je dohromady šest. Některé z nich jsou si ale navzájem tak podobné, že jsem se je rozhodl rozdělit na tři skupiny podle principu (kladka, páka, nakloněná rovina).

## 1. Kladka

Kotouč s drážkou na obvodu, kterou prochází např. lano nebo řetěz, jenž při průchodu kladky mění směr. Spojením několika kladek lze získat kladkostroj.

Pro všechny kladky platí, že práce vykonaná silou se rovná práci spotřebované břemenem.

### 1.1 Pevná kladka

Pevná kladka je druh kladky, kdy je upevněné kolečko, a to v ose, kolem které se otáčí, a provaz je provlečený přes kladku, na jednom jeho konci je zavěšeno těleso (břemeno), na druhý konec působí síla člověka nebo stroje.

Pevná kladka neušetří sílu, na rozdíl od volné kladky. Aby byla pevná kladka v rovnováze, musí na oba konce provazu působit stejně velká síla. Výhodou je změna směru síly, např. zvedání břemene se děje taháním provazu směrem dolů, nikoliv nahoru, což může být pohodlnější.



## 1.2 Volná kladka

Volná kladka je druh kladky, kdy je upevněný jeden konec provazu, na provaze se pohybuje kolečko, na jehož ose je zavěšeno těleso (břemeno), na druhý konec provazu působí síla člověka nebo stroje.

Volná kladka ušetří asi polovinu síly. Aby byla volná kladka při zvedání břemene v rovnováze, musí na provaz působit síla o poloviční velikosti, než je tíha břemene a kladky.

Nevýhodou volné kladky při zvedání je, že je nutné zvedat samotnou kladku a působit směrem vzhůru stejně jako bez kladky. Toto lze odstranit spojením volné a pevné kladky do kladkostroje.



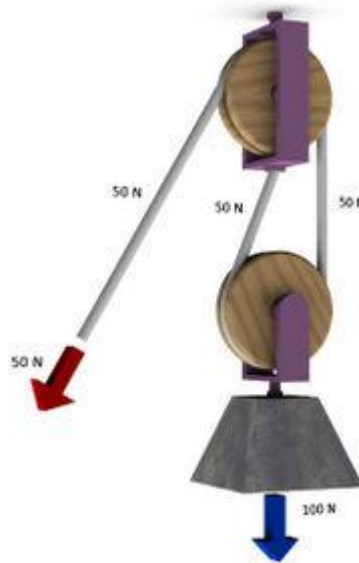
## 1.3 Kladkostroj

Kladkostroj je jednoduchý stroj, který vznikne spojením pevné kladky a volné kladky, příp. více kladek.

Kladkostroj kombinuje výhody volné kladky - ušetření poloviny síly - a pevné kladky - změna směru síly. Např. těleso o tíze  $G$  lze zvednout kladkostrojem s 1 volnou a 1 pevnou kladkou silou asi  $G/2$  směřující dolů.

Při použití více kladek se potřebná síla  $F$  vypočte:  $F = G / n$ , kde  $G$  je tíha břemene + volných kladek,  $n$  je počet provazů, na kterých volné kladky visí.

Dospěl jsem k názoru, že počítat s počtem provazů je velmi vhodné. Mnohé učebnice totiž uvádějí vzorce, které počítají s počtem kladek, ale zde může snadno dojít k omylům, protože některé kladky síly nemění.

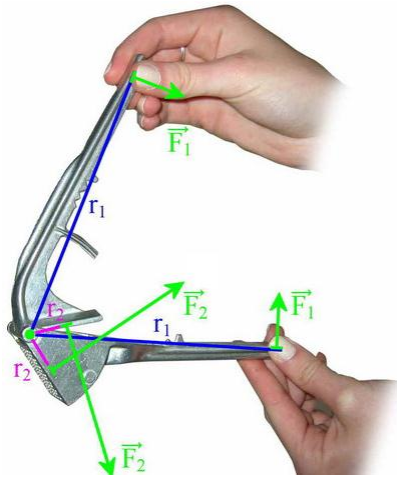


## 2. Páka

Páka je každá tyč, která je otočná kolem osy, která je k ní kolmá. Průsečík osy s pákou se nazývá střed otáčení a značí se  $O$ . Vzdálenost středu otáčení  $O$  od přímky, na které působí síla, se nazývá rameno síly. Otáčivý účinek síly na páku nezávisí jen na velikosti a směru působící síly, ale rovněž na ramenu síly. Páky se užívá jako jednoduchého stroje z toho důvodu, že páka může působit na předmět velmi značnými silami, přičemž naše vlastní silové působení na páku je mnohem menší. Tento poměr sil záleží na vhodně zvolených velikostech obou ramen sil. Podle toho, kde na páce leží obě ramena sil vzhledem ke středu otáčení, se páky dělí na jednozvrtné a dvouzvrtné páky.

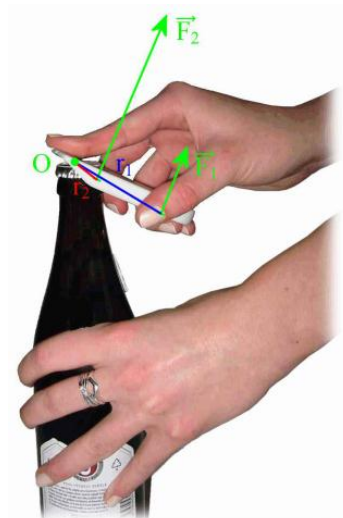
### 2.1 Dvouzvrtná páka

Sil působících na obou stranách od středu otáčení je možné využít např. při zvedání těles. Umístíme-li na kratší rameno síly těleso, bude působit na páku svisle dolů tíhová síla tělesa a páka bude mít snahu se otáčet kolem osy otáčení. Abychom tomu otáčivému účinku zabránili, musíme působit na druhé (delší) rameno silou, která bude tolikrát menší, kolikrát je toto rameno delší než druhé kratší rameno. Tím se páka dostane do rovnováhy a zůstane v klidu. Vyrovnaly se momenty obou sil vzhledem k ose. Chceme-li toto těleso zvednout (uvést páku do otáčivého pohybu), stačí, abychom zvětšili moment síly. Můžeme buď změnit (prodloužit) delší rameno, nebo zvětšit působící sílu. Výhodnější je prodloužit rameno síly-působíme stejnou silou, ale její účinek je větší.



## 2.2 Jednozvrtná páka

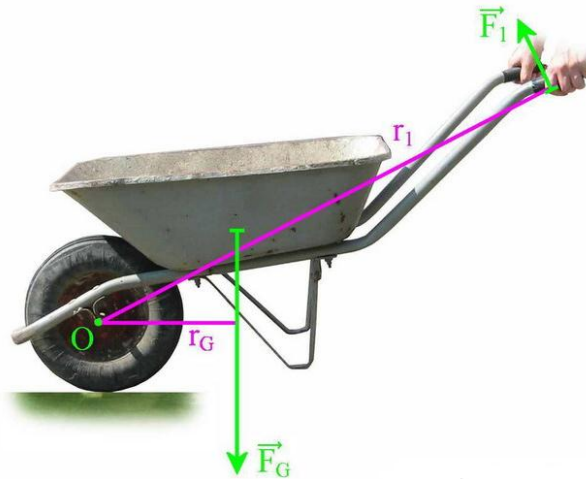
Rovnovážná poloha páky může nastat i v případě, kdy obě síly působí na stejné straně páky od osy otáčení. V tomto případě jsou ramena obou sil na stejné straně od osy otáčení. Působíme-li na delším rameni síly menší silou svisle vzhůru, musí na kratším rameni působit větší síla ovšem svisle dolů, aby byla vodorovná páka v rovnováze (momenty obou sil se musí rovnat). Tohoto rozdílného silového působení na různě dlouhá ramena sil lze využít např. k přepravě těžkých těles nebo k deformačnímu účinku sil.



## 2.3 Kolo na hřídeli

Kolo na hřídeli je jednoduchý stroj, jehož základem jsou dvě pevně spojené části (větší a menší kolo, kolo a hřídel), která se otáčejí kolem jedné osy.

Působí-li na větší kolo síla člověka nebo stroje, pak menší kolo působí větší silou na těleso (břemeno). Kolo na hřídeli je založeno na principu páky - čím větší je rameno, na které síla působí, tím je tato síla menší. Oproti páce se kolo na hřídeli liší především možností otáčení o 360°.



### 3.4 Využití v praxi

- otvírák na lahve
- louskáček na ořechy
- houpačka pro dva
- kleště
- nůžky
- vodní/mlýnské kolo
- klika

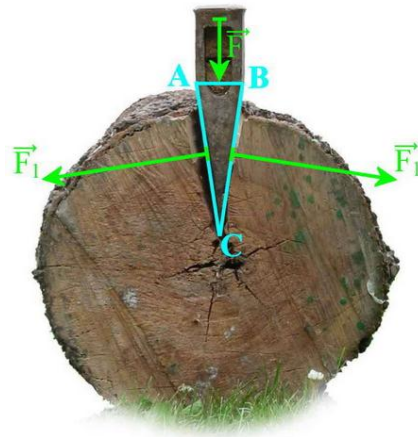
## 3. Nakloněná rovina

Nakloněná rovina je jednoduchý stroj, jehož jedinou důležitou součástí je rovina, která je nakloněná vzhledem k vodorovnému povrchu. Abychom mohli zvednout těleso ze země, musíme působit silou, která je závislá na hmotnosti tělesa a gravitačním zrychlení na daném místě.

### 3.1 Klín

Jednoduchý stroj, jehož jedinou částí je těleso s průřezem ve tvaru trojúhelníku - to znamená jehlan, trojboký hranol a dokonce i kužel. Dá se říct, že se jedná se o jeden z nejstarších používaných předmětů lidmi.

Síla, která působí na podstavu klínu, se rozloží ve směru kolmém na boční stěny, přitom tyto složky jsou větší než původní síly. Velikost silových složek závisí na úhlu, který svírají boční stěny, čím je tento úhel menší (tzn. klín je ostřejší), tím jsou síly větší.



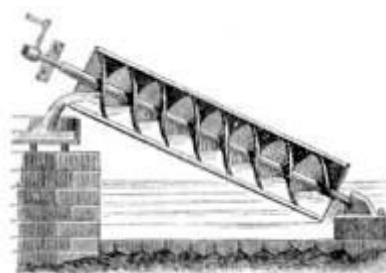
Klín je základem např. sekery, nože, špičky hřebíku, vrutu (společně se šroubem), atd.

### 3.2 Šroub

Hlavní součástí šroubu je závit. Otáčením závitu dochází k posouvání šroubu, příp. k posouvání tělesa v závitu.



Šroub je také základem mnoha dalších vynálezů. Jmenujme například lodní šroub pro pohon lodí, či Archimédův šroub coby jedno z prvních čerpadel. Archimédův šroub je jedno z nejstarších známých čerpadel. Jde o šikmo uložený šnekový mechanismus v korytě, nebo trubku, namotanou kolem šikmo uložené hřídele. Přpravovaná kapalina (nejčastěji voda) je v kapsách tvořených závity držena gravitací a čerpání je prováděno otáčením šneku nebo hřídele.



Archimédův šroub se užívá jako čerpadlo dodnes. Jeho velkou výhodou je jednoduchost a spolehlivost i při čerpání silně znečištěných kapalin. Příkladem můžou být šneková čerpadla odpadní vody v pražské čistírně odpadních vod.

## 4. Historie

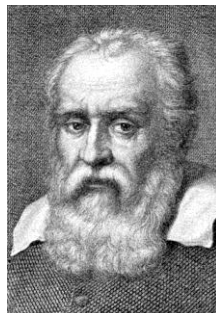
Kdy se tyto stroje poprvé objevují v dějinách lidstva?

Každá civilizace, která manipulovala s těžkými a objemnými předměty, brzo objevila výhody nakloněné roviny. Člověk, který dokázal přehodit provaz přes vodorovnou větev, jistě zjistil, že použít k zvednutí břemene vlastní tíhy je jednodušší než tahat břemeno přímo a riskovat rupnutí v zádech – a základ pevné kladky byl na světě. Zkrátka... o konkrétních jménech objevitelů se zde dá patrně velmi těžko mluvit.

Takže začněme třeba... od Galilea Galileiho.

### 4.1 Galileo Galilei

Galileo Galilei pobýval ve svém mládí v Pise; jednak se v tomto městě roku 1564 narodil, jednak zde v letech 1589-1592 působil jako profesor na katedře matematiky. Matematika tou dobou neobsahovala pouze algebru a geometrii, ale její součástí bylo i to, co bychom dnes nazvali technickými aplikacemi: fyzika, obzvláště mechanika a balistika, a stavitelství. No a jsme zpátky u jednoduchých strojů. Ve svém traktátu *Le Mecanice* (Mechanika) (1593), který sepsal pro své studenty, formuluje poprvé „zlaté pravidlo mechaniky:“ (totiž že přírodu nemůžeme podvést, protože při použití jednoduchých strojů si práci pouze usnadníme, ale nezmenšíme množství práce, které je potřeba vykonat). Řečeno dnešní terminologií, používáme-li jednoduchých strojů, působíme sice menší silou, ale po delší dráze, takže celková vykonaná práce je stejná jako bez použití jednoduchých strojů



### 4.2 Archimédés

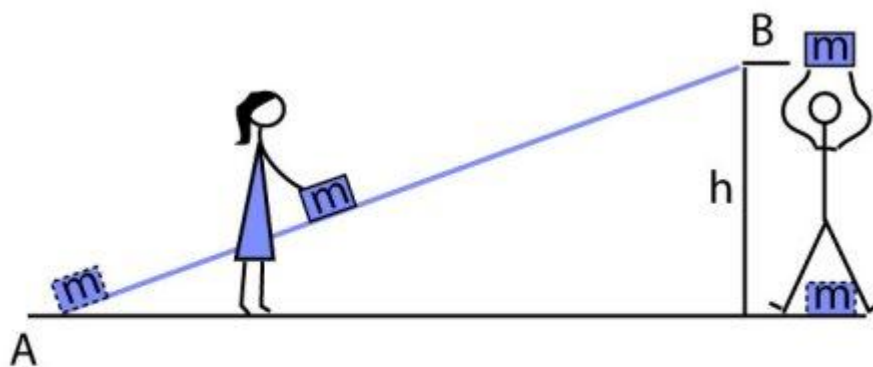
Archimédés se narodil v roce 287 př.n.l. v Sarákusách, kde také strávil většinu svého života. Díky jeho vynálezům a objevům (z nichž některé jsou využívány dodnes) je považován za jednoho z nejvýznamnějších vědců Starověkého Řecka. Známý je například Archimédův zákon "Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, rovnající se tíze kapaliny stejného objemu jako je ponořená část tělesa.", který ho podle historiky napadl při koupeli v lázních. Přemýšlel, jak odhalit podvod klenotníka, který nahradil zlato v královské koruně za jiný méně ušlechtilý kov. Samotná myšlenka jej

napadla při pozorování hladiny vody ve vaně, do které se ponořil. Objev jej prý uvedl do takového transu, že pobíhal nahý po městě s výkřiky "Heuréka" (Našel jsem!).



## Kontrolní úloha

Jak je to tedy s konáním práce při pohybu tělesa po nakloněné rovině? Představme si následující situaci: cílem je přestěhovat těžkou bednu o hmotnosti  $m$  z úrovně podlahy A do úrovně okna B. Úkol řeší muž a žena. Jak budou postupovat?



Zadání: kdo vykoná větší práci při transportu bedny z úrovně A na úroveň B?

Chlap se rozhodne, že se s tím přece nebude párat, bednu uchopí a vyzvedne ji do výše přímo. **Ženská zváží své možnosti a nad úkolem popřemýšlí. Sežene si dlouhé, relativně hladké prkno, opře jej o zeď B tak, aby svíralo malý úhel s podlahou A a těleso po něm vytlačí nahoru.**

Výsledek je stejný, bedna je na místě. Kdo vykonal větší práci a jaké výhody má použití nakloněné roviny?

Mužský přístup je přímočarý, přímočarý bude i výpočet. Vynechejme fáze, kdy muž uvádí těleso do pohybu a brzdí jej, a předpokládejme, že zvedá bednu rovnoměrným pohybem. V tom případě působí na bednu silou stejně velkou, jako je její tíha, pouze orientace síly je opačná (vzhůru), co do velikosti:  $F=m.g$ , kde  $g=9,81\text{m.s}^{-2}$  je tíhové zrychlení. Posunutí má velikost rovnu  $h$ , vykonaná práce je tedy rovna  $W=m.g.h$ .



Ženský přístup chce více fyzikální úvahy (pánové prominou). Předně: leží-li bedna na nakloněné rovině, působí na ni dvě síly: Země na ni působí silou tíhovou směrem svisle dolů, prkno reakcí podložky, která je k podložce kolmá (kdyby této síly nebylo, bedna by do podložky zapadla). Výslednicí těchto sil je síla, která směřuje podél nakloněné roviny dolů a má velikost  $F=m.g.\sin \alpha$ .

Experimentátorka si přečetla definici práce, a tedy ví, že je pro ni nejméně výhodnější působit silou ve směru očekávaného posunutí, tedy podél nakloněné roviny nahoru silou o velikosti  $m.g.\sin \alpha$  (opět: nekomplikujme si život. Neřešme, jakým způsobem uvede žena bednu do pohybu, a zanedbejme tření při pohybu bedny po nakloněné rovině). Vykonaná práce je rovna součinu síly a dráhy, tedy  $W=m.g.\sin\alpha.l$ .

Jak je práce ženy velká ve srovnání s prací vykonanou mužem? **Je stejně velká!** Stačí se podívat na geometrii obrázku a hned vidíme, že  $l.\sin\alpha=h$ . Má tedy ženský přístup nějakou výhodu? Ano, žena sice posouvá těleso po delší dráze, ale menší silou. Čím je sklon (úhel  $\alpha$ ) nakloněné roviny menší, tím je menší i síla, potřebná k pohybu tělesa po nakloněné rovině (názor si lze udělat pomocí funkce sinus, která byla nakreslena na výše uvedeném obrázku výše). Zlaté pravidlo mechaniky tedy funguje, práce se při použití nakloněné roviny neušetří.

