

Jednoduché stroje

Autor: Mgr. Jaromír JUŘEK

Kopírování a jakékoliv další šíření výukového materiálu je povoleno pouze s uvedením odkazu na
www.jarjurek.cz.

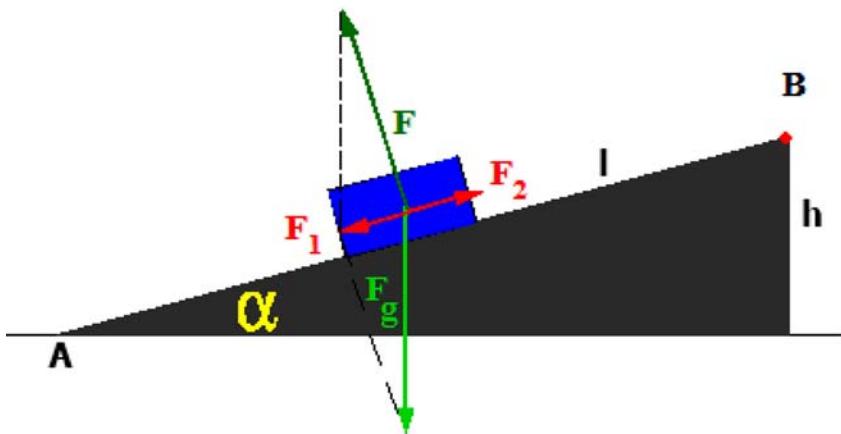
1. Jednoduché stroje

Jednoduchými stroji nazýváme ve fyzice taková zařízení, která nám práci usnadní, ale ne ušetří. Znamená to tedy, že při použití jednoduchého stroje bude velikost vykonané práce jako kdybychom ji vykonali bez něj. Pouze si zpravidla vykonání této práce rozložíme do většího časového úseku a tím si tedy práci usnadníme.

Mezi jednoduché stroje patří:

- Nakloněná rovina
- Páka
- Kladka pevná
- Kladka volná
- Kladkostroj
- Kolo na hřídeli
- Klín
- Šroub

2. Nakloněná rovina



- h ... výška nakloněné roviny
 l ... délka nakloněné roviny
 α ... úhel nakloněné roviny
 F_g ... gravitační síla působící na těleso (= tíha tělesa)
 F ... tlaková síla na podložku
 $F_2 = F_1$... pohybová síla ve směru nakloněné roviny

Celková gravitační síla působící na těleso se rozkládá na složku tlakovou a na složku pohybovou. Úhel nakloněné roviny je α . Tento úhel se promítá i do rovnoběžníku sil - na základě pravidla, že dva úhly, které mají na sebe kolmá obě ramena, jsou shodné.

Platí:

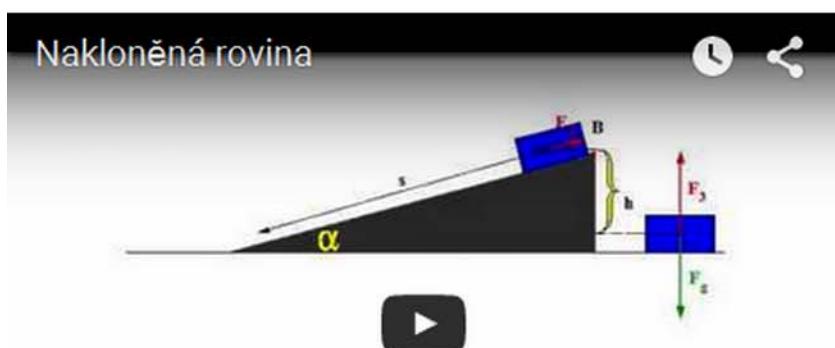
$$\sin \alpha = \frac{h}{l} \quad \sin \alpha = \frac{F_1}{F_g}$$

Proto:

$$\frac{h}{l} = \frac{F_1}{F_g}$$

$$F_1 = F_g \cdot \frac{h}{l}$$

Podle tohoto vzorce můžeme vypočítat, jakou silou je těleso "taženo" po nakloněné rovině směrem dolů. Je zcela zřejmě menší než síla, kterou by těleso bylo "taženo" svisle dolů, tedy síla volného pádu. Pokud nebudeme uvažovat tření na nakloněné rovině, pak stejně velkou silou jako je těleso "taženo" směrem dolů ho budeme muset táhnout směrem nahoru (viz zákon setrvačnosti). A to jsme potřebovali pro výpočty vědět.



Na těleso na vodorovně podložce působi gravitační síla F_g a směrem vzhůru působi podložka tlakovou silou F_n stejně velkou, ale opačně orientovanou. Stejná síla F_n působí při zvedání tělesa rovnoměrným pohybem svisle vzhůru a výkon při zvedání tělesa do výšky h prácí rovnající se součinu síly F_n a dráhy (výšky h).

Příklad:

Potřebujeme zvednout bednu o hmotnosti 60 kg na plošinu nákladního automobilu (do výšky 1 metr). O kolik se zmenší síla, kterou potřebujeme na zvednutí bedny, jestliže místo toho, abychom ji zvedali svisle vzhůru, použijeme k vytažení prkno délky 3 metry? Tření vzniklé při posunu bedny zanedbejme.

Řešení:

$$m = 60 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\Delta F = ? \text{ (rozdíl sil)}$$

$$F_g = m \cdot g$$

$$F_g = 60 \cdot 9,81 = 588,6$$

$$F_g = 588,6 \text{ N}$$

$$F_1 = F_g \cdot \frac{h}{l}$$

$$F_1 = 588,6 \cdot \frac{1}{3}$$

$$F_1 = 196,2 \text{ N}$$

$$\Delta F = F_g - F_1 = 588,6 - 196,2$$

$$\Delta F = 392,4 \text{ N} = 400 \text{ N} \text{ (po zaokrouhlení)}$$

Potřebná síla se použitím nakloněné roviny zmenší o 400 N.

3. Nakloněná rovina - procvičovací úlohy

1. Sklon silnice se často udává v procentech. Silnice má sklon 8 %, což znamená, že na 100 m délky je její převýšení 8 m. Hmotnost automobilu je 720 kg. Jak velkou sílu je nutno překonat, aby se automobil samovolně nerozjel z kopce dolů? Tíhové zrychlení je $9,81 \text{ m/s}^2$.
OK: 600 N 702
2. Auto jede po silnici, která má sklon 6 % (tzn., že silnice má na 100 m délky převýšení 6 m). Tíha auta je 12 000 N. Jak velká výsledná síla F na auto působí?
OK: 720 N 703
3. Na silnici se sklonem 6 % stojí osobní automobil o hmotnosti 900 kg. Udrželi byste ho při selhání brzd, aby se nerozjel, je-li člověk schopen vyvinout sílu o velikosti 800 N? Hodnota tíhového zrychlení je $9,81 \text{ m/s}^2$.
OK: Udrželi. 705
4. Jak dlouhé prkno nejméně bys potřeboval(a), abys dopravil(a) vozík s pískem na rampu vysokou 1,5 m? Vozík s pískem má hmotnost 150 kg. Předpokládáme, že můžeme táhnout silou nejvýše 750 N. Tření zanedbáváme. Tíhové zrychlení je $9,81 \text{ m/s}^2$.
OK: 2,9 m 701
5. Na nakloněné rovině o výšce 30 cm a délce 1,2 m je těleso o tíze 20 N. Určete velikost síly, která na těleso působí.
OK: 5 N 704

4. Páka

Páka je vlastně tyč podepřená v jednom bodě.



a, b ... ramena sil (vzdálenosti působiště síly od osy otáčení)

l ... délka tyče

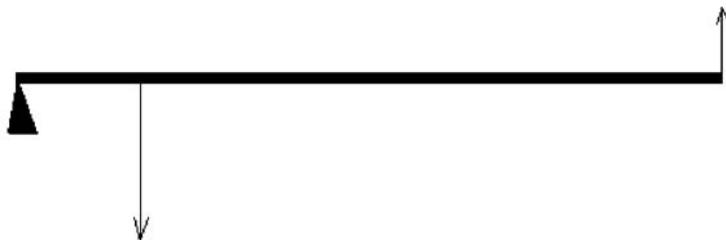
F_1, F_2 ... síly působící na koncích ramen páky

Na páce obecně nastává rovnováha, jestliže platí: $F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$

Pozn.: Součin síly a jejího ramene je tzv. Moment síly. Udává se v jednotkách newtonmetr [N.m]

Druhy pák:

1. Páka dvojzvratná (viz horní obrázek)
2. Páka jednozvratná



Pozn.: Páka dvojzvratná může být navíc ještě rovnoramenná.

Užití páky v praxi:

Stavební kolečko, zvedání těžkých předmětů, nůžky, louskáček na ořechy, sochor, atd.

Ukázkový příklad:**Příklad 2:**

Na jednom rameni páky působí ve vzdálenosti 24 cm od osy síla 300 N. Na druhém rameni páky působí síla 96 N. V jaké vzdálenosti od osy tato síla působí, nastane-li rovnováha na této páce?

$$a = 24 \text{ cm}$$

$$F_1 = 300 \text{ N}$$

$$F_2 = 96 \text{ N}$$

$$b = ? \text{ [cm]}$$

$$F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$$

$$b = \frac{F_1 \cdot a}{F_2}$$

$$b = \frac{300 \cdot 24}{96}$$

$$b = 75 \text{ cm}$$

Síla působí ve vzdálenosti 75 cm od osy otáčení.

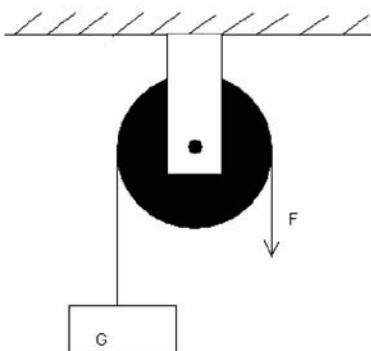
**5. Páka - procvičovací úlohy**

1. **V jaké vzdálenosti od osy musíme na páce působit silou 50 N, abychom udrželi v rovnováze těleso o hmotnosti 100 kg zavěšené ve vzdálenosti 4 cm od osy? Hodnota tíhového zrychlení je 10 m/s^2 .**
- OK: 80 cm

2. Na prkně 4 m dlouhém, podepřeném uprostřed, sedí na jednom konci chlapec, jehož hmotnost je 36 kg. Jak daleko od osy si musí sednout druhý chlapec o hmotnosti 48 kg, aby nastala na houpačce rovnovážná poloha? 708
OK: 1,5 m
3. Jak velkou silou se udrží na páce v rovnováze břemeno o hmotnosti 30 kg, které působí na páku ve vzdálenosti 50 cm od osy, působí-li síla 250 cm na opačné straně od osy a hmotnost páky je 5 kg? 713
OK: 40 N
4. Určete, jak velkou silou musíme působit na jednom konci 1 m dlouhé páky při zvedání vrat, opírá-li se páka druhým koncem o zem a vrata na ní spočívají ve vzdálenosti 20 cm od osy? Pákou musíme překonávat sílu 800 N. 712
OK: 160 N
5. Houpačku tvoří prkno o délce 3 m podepřené uprostřed. Na jednom konci sedí chlapec, jehož hmotnost je 20 kg. Jakou hmotnost v kilogramech má druhý chlapec, který se posadil 1,2 m od osy otáčení, a houpačka je ve vodorovné rovnovážné poloze? 707
OK: 25 kg
6. Jak daleko od kloubu nůžek musíme vložit ocelový plech, je-li k jeho přestřízení zapotřebí síla 400 N? Síla, kterou působí ruka na nůžky, ve vzdálenosti 50 cm od kloubu nůžek, je rovna 30 N. 711
OK: 3,75 cm
7. Člověk nese břemeno o hmotnosti 1,5 kg zavěšené na konci hole podepřené uprostřed o rameno. Druhý konec hole drží rukou. Určete, jak velkou silou působí hůl na rameno. Tíhu hole zanedbáváme. Hodnota tíhového zrychlení je 10 m/s^2 . 706
OK: 30 N
8. Na tyč délky 2 m působí na koncích síly 8 N a 12 N. Kde musíme tyč podepřít, aby nastala rovnovážná poloha? 714
OK: Ve vzdálenosti 1,2 m od toho konce, kde působí síla 8 N.
9. Kámen je zvedán sochorem. Hmotnost kamene je 60 kg, vzdálenost od opěrného bodu ke kameni je 20 cm. Délka sochoru je 1 m. Určete sílu, kterou působí ruka na sochor. Hodnota tíhového zrychlení je 10 m/s^2 . 709
OK: 120 N

6. Kladka pevná

Kladka pevná je jednoduchý stroj, který nám práci usnadňuje pouze v tom, že mění orientaci působící síly v opačnou. Tedy např. místo působení síly svisle vzhůru, síla působí svisle dolů.



Rovnováha nastává, jestliže $F = G$

Pozn.: Jedná se vlastně o zvláštní případ páky, kde ramena obou sil jsou shodná, proto se ve výpočtu vykrátí.

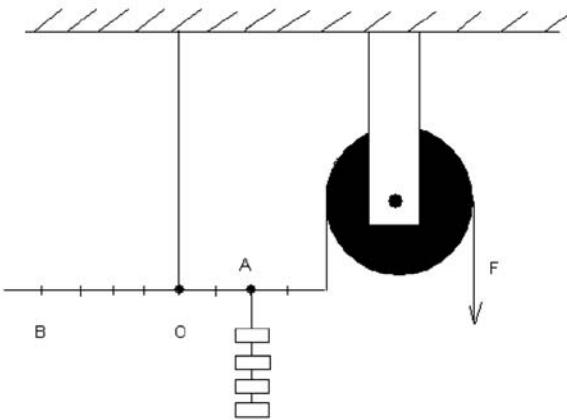
Užití: Např. zvedání materiálu na stavbě.

Q 7. Kladka pevná - procvičovací úlohy

1. Jak velkou silou působí pevná kladka na hák, na kterém visí, zvedáme-li kladkou břemeno o hmotnosti 20 kg a je-li tato kladka v rovnováze?

OK: 400 N

2. Soustava na obrázku se skládá z páky a z pevné kladky. Hmotnost každého závaží na obrázku je 100 g. Páka je ve vodorovné rovnovážné poloze. Určete velikost síly F.



OK: 2 N

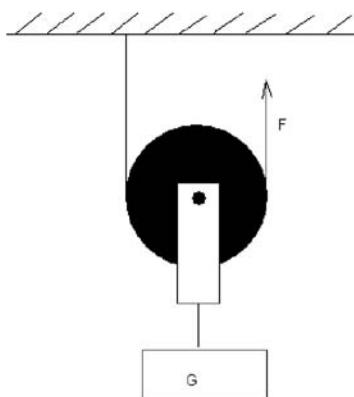
3. Lano pevné kladky se přetrhne působením síly 6 000 N. Jakou největší hmotnost může mít těleso zvedané pomocí této kladky?

OK: 600 kg

Q 8. Kladka volná

U kladky volné nastává rovnováha, jestliže síla, kterou zvedáme těleso, je poloviční velikosti než síla, kterou na totéž těleso působí gravitační síla Země.

Platí tedy: $F = G/2$



Pozn.: V tomto případě ale dost často nezanedbáváme tíhu kladky, kterou pak připočítáváme k tíze tělesa.

Užití: Např. vytahování závaží v hodinách, apod.

Q 9. Kladka volná - procvičovací úlohy

1. **Volná kladka má hmotnost 2 kg, těleso na ní zavěšené má hmotnost 38 kg. Určete, jak velkou silou udržíte na kladce těleso v rovnováze. Ke tření nepřihlížíme. Hodnota tříhového zrychlení je 10 m/s^2 .**
OK 200 N 696
2. **Určete, jak velkou silou zvedneme na volné kladce těleso o hmotnosti 75 kg? Hmotnost volné kladky zanedbáváme. Hodnota tříhového zrychlení je 10 m/s^2 .**
OK 375 N 695

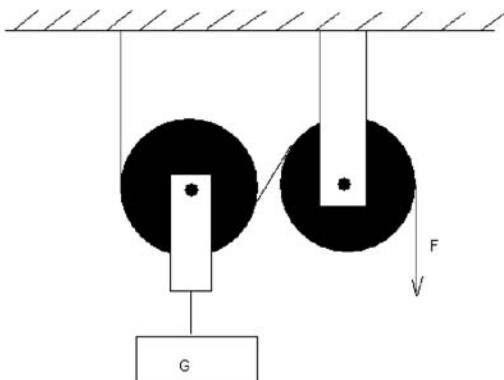
10. Kladkostroj

Kladkostroj je jednoduchý stroj, který je složen nejméně z jedné kladky pevné a z jedné kladky volné.

$$F = \frac{G}{2n}$$

Pro rovnováhu platí vztah:

n je počet volných kladek



Užití: Napínání trolejového vedení u tramvají nebo na železnici, apod.

Ukázkový příklad:

Příklad 3:

Člověk má hmotnost 75 kg. Určete, jakou silou tlačí na zem, zvedá-li těleso o hmotnosti 135 kg pomocí kladkostroje složeného z jedné kladky volné a jedné kladky pevné. Hmotnost kladky a tření zanedbáváme. Hodnota tříhového zrychlení je 10 m/s^2 .

Řešení:

$$m_1 = 75 \text{ kg}$$

$$m_2 = 135 \text{ kg}$$

$$n = 1 \quad \dots \text{počet kladek volných}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F = ? [\text{N}]$$

Tažením za lano kladkostroje směrem svisle dolů na člověka působí síla, které je orientována svisle vzhůru. Zmenšuje tedy velikost skutečné působící síly člověka na podložku.

$$F_1 = \frac{G}{2n} = \frac{m_2 \cdot g}{2n}$$

$$F_1 = \frac{135 \cdot 10}{2.1}$$

$$F_1 = 675 \text{ N}$$

$$F = m_1 \cdot g - F_1$$

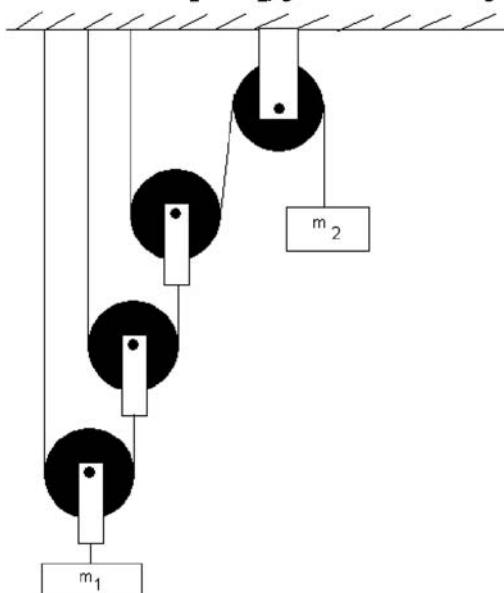
$$F = 75 \cdot 10 - 675 = 75$$

$$F = 75 \text{ N}$$

Člověk působí na podložku silou 75 N.

Q 11. Kladkostroj - procvičovací úlohy

1. Na obrázku je zařízení, kterému se říká Archimedův kladkostroj. Určete, jaký vztah platí mezi hmotnostmi m_1 a m_2 , je-li kladkostroj v rovnováze.

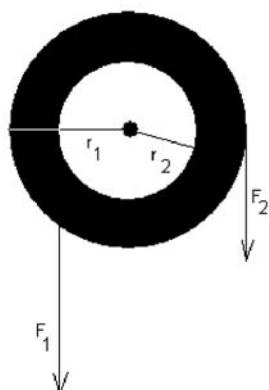


OK: $m_2 = m_1/6$

698

Q 12. Kolo na hřídeli

Kolo na hřídeli lze opět považovat za zvláštní případ páky. Jedná se o dvě soustředná kola s různým poloměrem.



Podmínka pro rovnováhu je zde $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$

Užití: Volant u auta, vodovodní kohoutek, rumpál, apod.

Ukázkový příklad:

Příklad 4:

Kolo o poloměru 1,2 m je nasazeno na hřídel o poloměru 40 cm. Na hřídel působí těleso o hmotnosti 300 kg. Určete sílu působící na obvodu kola, která udrží břemeno v rovnováze. Ke tření nepřihlížíme.

Řešení:

$$r_1 = 1,2 \text{ m}$$

$$r_2 = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$m_2 = 300 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = ? [\text{N}]$$

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

$$F_1 \cdot r_1 = m_2 \cdot g \cdot r_2$$

$$F_1 = \frac{m_2 \cdot g \cdot r_2}{r_1}$$

$$F_1 = \frac{300 \cdot 10 \cdot 0,4}{1,2}$$

$$F = 1000 \text{ N} = 1 \text{ kN}$$

Na obvodu kola působí síla o velikosti 1 kN.



13. Kolo na hřídeli - procvičovací úlohy

1. Rumpál má průměr hřídele 12 cm a délku kliky 72 cm. Zvedáme jím těleso o hmotnosti 240 kg. Určete, jak velkou silou musíme při zvedání působit na kliku, zanedbáváme-li tření? Hodnota tíhového zrychlení je 10 m/s^2 .

OK: 200 N

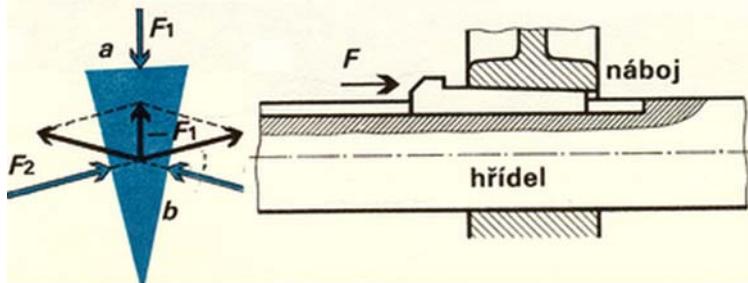
2. Jak dlouhá musí být klika rumpálu, jehož hřídel má průměr 20 cm, aby se břemeno o hmotnosti 350 kg udrželo v rovnováze silou 250 N? Hodnota tíhového zrychlení je 10 m/s^2 .

OK: 140 cm



14. Klín

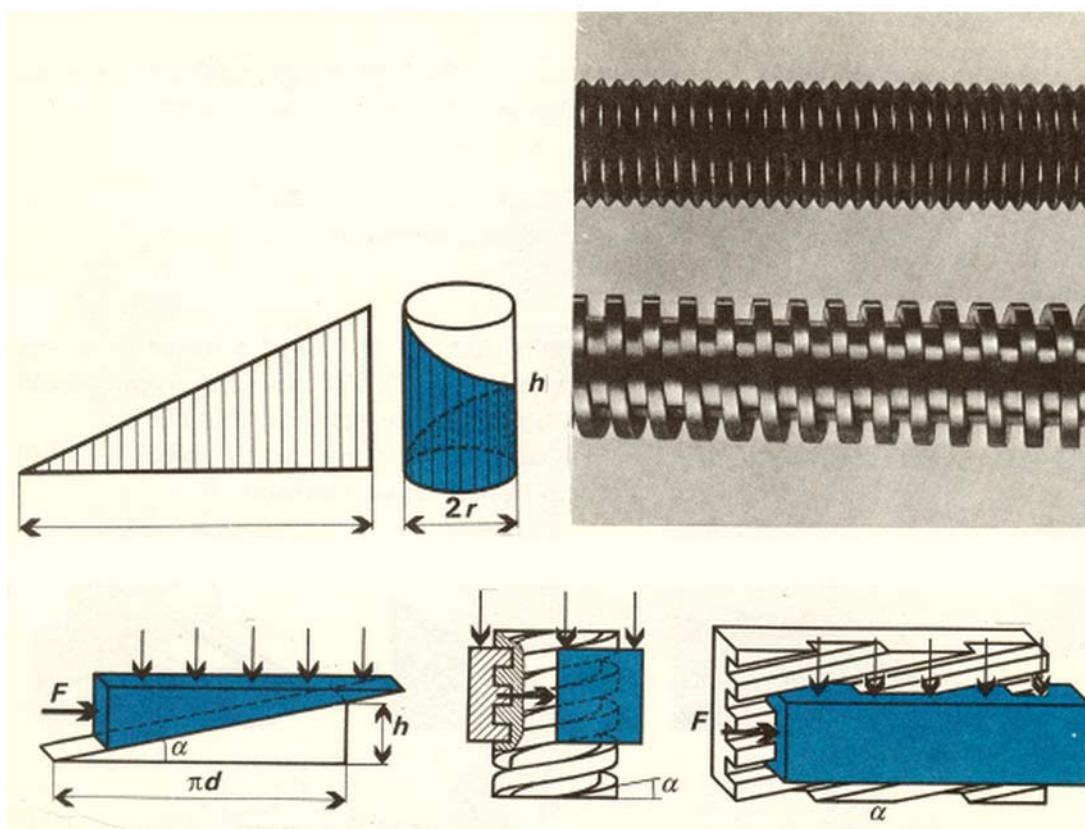
Klín s jednostranným nebo dvoustranným úkosem je vlastně nakloněná rovina, na které působí síla rovnoběžně se základnou. Při dané síle, která působí na čelo klínu, jsou síly působící na bocích tím větší, čím menší je úhel klínu. Princip využití je založen i na značném tření mezi součástkami.



Užití: Rozebíratelné spojování součástí (různé druhy kolíků, klínků), apod.

15. Šroub

Šroubovici dostaváme navinutím nakloněné roviny tvaru pravoúhlého trojúhelníku na válec. Šroub je tedy vlastně nakloněná rovina, kde síla působí rovnoběžně se základnou (na obvodu válce) a břemeno rovnoběžně s výškou nakloněné roviny. Čím větší břemeno je třeba překonat, tím větší musí být průměr a tím menší musí být stoupání šroubu.



Užití: Lisy, svérák, spojování různých předmětů.

 **Obsah**

1. Jednoduché stroje	2
2. Nakloněná rovina	2
3. Nakloněná rovina - procvičovací úlohy	4
4. Páka	4
5. Páka - procvičovací úlohy	5
6. Kladka pevná	6
7. Kladka pevná - procvičovací úlohy	7
8. Kladka volná	7
9. Kladka volná - procvičovací úlohy	7
10. Kladkostroj	8
11. Kladkostroj - procvičovací úlohy	9
12. Kolo na hřídeli	9
13. Kolo na hřídeli - procvičovací úlohy	10
14. Klín	10
15. Šroub	11