

## Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>23_Otáčivý účinek síly .....</b>           | <b>2</b>  |
| <b>24_Podmínky rovnováhy na páce .....</b>    | <b>2</b>  |
| <b>25_Páka – rovnováha - příklady.....</b>    | <b>3</b>  |
| <b>PL: Otáčivý účinek síly - řešení .....</b> | <b>4</b>  |
| <b>27_Užití páky .....</b>                    | <b>6</b>  |
| <b>28_Zvedání těles - kladky.....</b>         | <b>6</b>  |
| <b>29_Kladky - příklady .....</b>             | <b>7</b>  |
| <b>30_Deformační účinky síly .....</b>        | <b>10</b> |
| <b>31_Tlak – příklady .....</b>               | <b>11</b> |
| <b>32_Tlaková síla .....</b>                  | <b>12</b> |
| <b>33_Třecí síla.....</b>                     | <b>13</b> |

## 23\_Otáčivý účinek síly

Otáčivé účinky síly závisí na:

- velikosti a směru síly
- na vzdálenosti působišť síly od osy otáčení

Pro posouzení otáčivých účinků zavádíme fyzikální veličinu:

### Moment síly

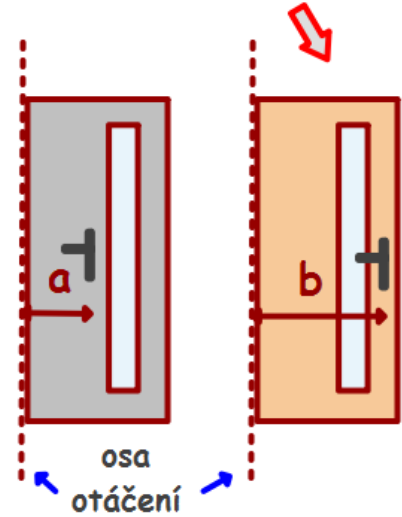
značka: **M**

jednotka: **Nm** (ňutnmetr)

výpočet:  **$M = F \cdot a$**

F..... síla [N]      a..... rameno síly [m]

Které dveře se dají snadněji otevřít?



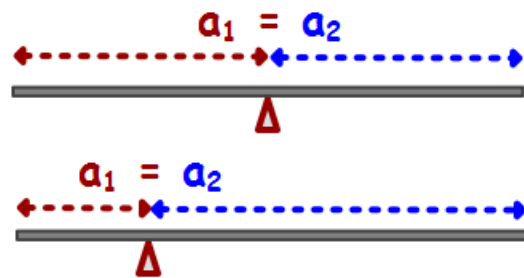
větší vzdálenost, menší síla

**Páka** – tyč otáčivá okolo osy

#### • dvozvratná páka

- rovníramenná
- nerovníramenná

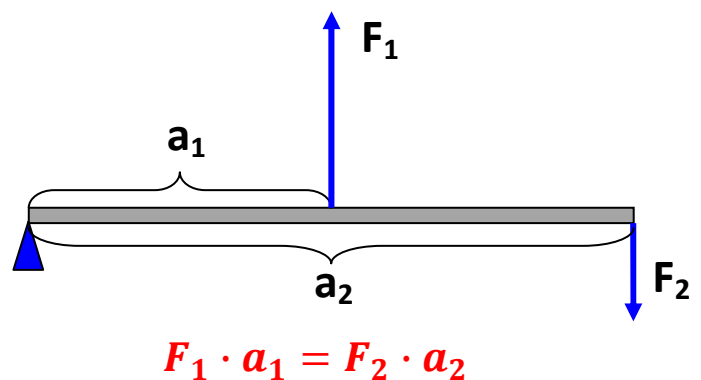
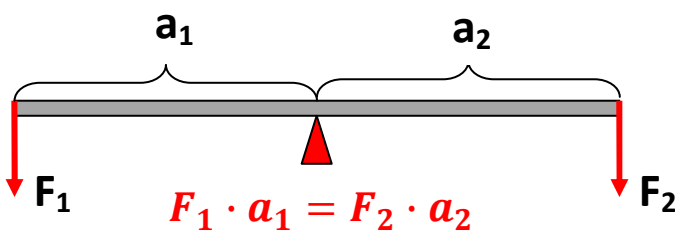
#### • jednozvratná páka



## 24\_Podmínky rovnováhy na páce

**$M_1 = M_2$**  momenty sil se musí rovnat

- působí-li obě síly **na různých stranách** od osy otáčení, musí mít **stejný směr**
- působí-li obě síly **na jedné straně** od osy otáčení, musí mít **opačný směr**



## 25\_Páka – rovnováha - příklady

1.

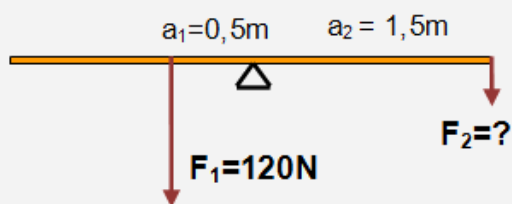
Jak velká musí být síla  $F_2$ , aby byla páka v rovnováze.

1. Kolikrát je  $a_2$  větší?

$$1,5 : 0,5 = 3$$

2. Síla  $F_2$  bude 3x menší, tedy

$$120 : 3 = 40 \text{ N}$$



2.

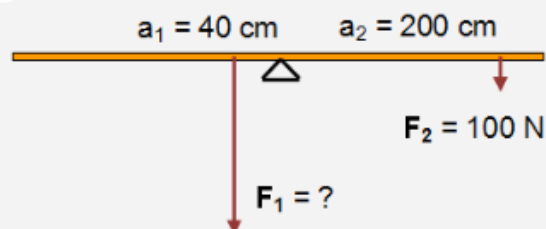
Jak velká musí být síla  $F_1$ , aby byla páka v rovnováze.

1. Kolikrát je  $a_1$  menší?

$$200 : 40 = 5$$

2. Síla  $F_1$  bude 5x větší, tedy

$$100 \cdot 5 = 500 \text{ N}$$



3.

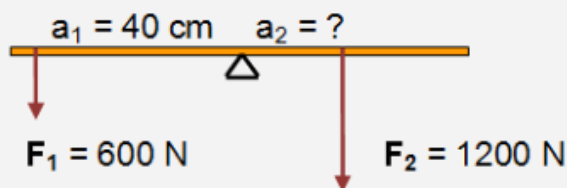
V jaké vzdálenosti od osy otáčení musí působit síla  $F_2$ , aby byla páka v rovnováze?

1. Kolikrát je  $F_2$  větší?

$$1200 : 600 = 2$$

2. Rameno  $a_2$  bude 2x menší, tedy

$$40 : 2 = 20 \text{ cm}$$



4.

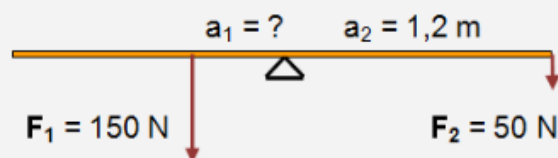
V jaké vzdálenosti od osy otáčení musí působit síla  $F_1$ , aby byla páka v rovnováze?

1. Kolikrát je  $F_1$  větší?

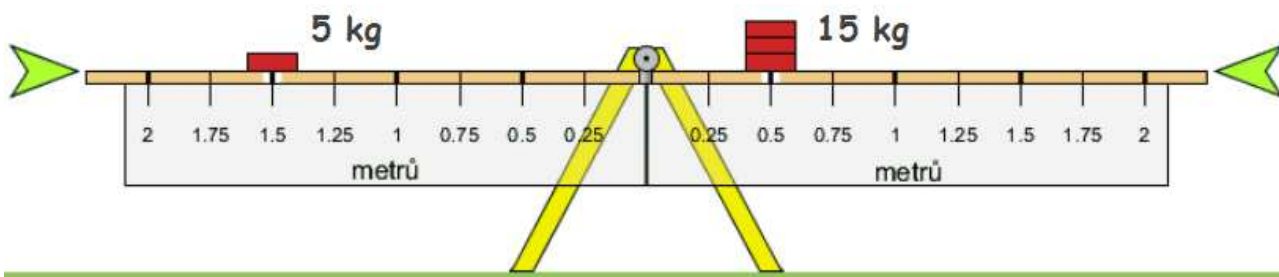
$$150 : 50 = 3$$

2. Rameno  $a_1$  bude 3x menší,

$$\text{tedy } 1,2 : 3 = 0,4 \text{ m}$$



PL: **OTÁČIVÉ ÚČINKY SÍLY, ROVNOVÁHA - řešení**



3x menší hmotnost (síla), 3x větší vzdálenost      3x větší hmotnost (síla), 3x menší vzdálenost

$$M_1 = F_1 \cdot a_1$$

$$M_1 = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ Nm}$$

$$M_2 = F_2 \cdot a_2$$

$$M_2 = 150 \cdot 0,5 = 75 \text{ Nm}$$

Houpačka je v rovnováze, je-li:

$$M_1 = M_2 \text{ tedy } F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

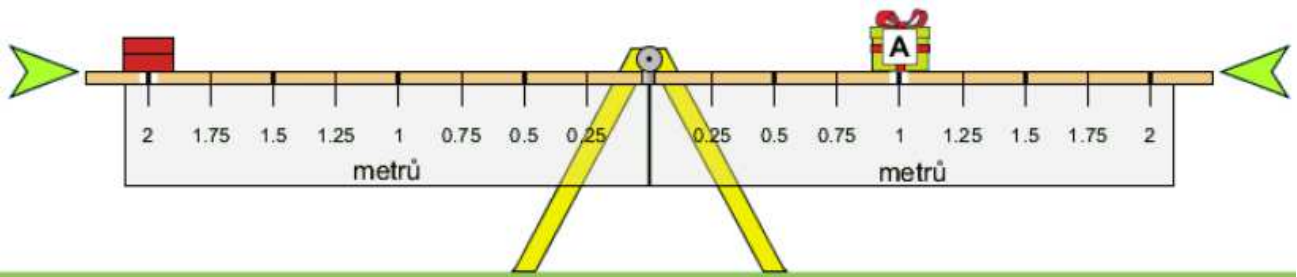
směr působících sil je stejný

síly působí na různých stranách od osy otáčení

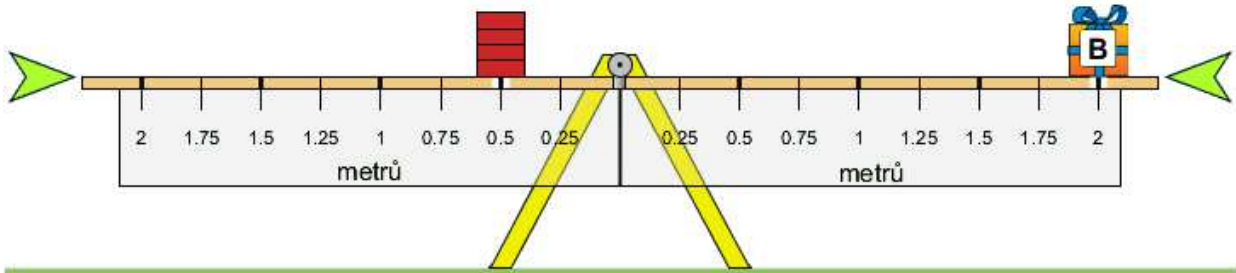
1. Urči zda je houpačka v rovnováze, případně jak se otočí? Cihla váží 5 kg.

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| <p><math>F_1 = 100 \text{ N}</math>      <math>a_1 = 1 \text{ m}</math>      <math>F_2 = 50 \text{ N}</math>      <math>a_2 = 1,5 \text{ m}</math></p>     | $M_1 = F_1 \cdot a_1$<br>$M_1 = 100 \text{ Nm}$<br>$M_2 = F_2 \cdot a_2$<br>$M_2 = 75 \text{ Nm}$  | <p><b>a)</b></p> |
| <p><math>F_1 = 150 \text{ N}</math>      <math>a_1 = 1 \text{ m}</math>      <math>F_2 = 100 \text{ N}</math>      <math>a_2 = 1,5 \text{ m}</math></p>    | $M_1 = F_1 \cdot a_1$<br>$M_1 = 150 \text{ Nm}$<br>$M_2 = F_2 \cdot a_2$<br>$M_2 = 150 \text{ Nm}$ | <p><b>c)</b></p> |
| <p><math>F_1 = 50 \text{ N}</math>      <math>a_1 = 2 \text{ m}</math>      <math>F_2 = 100 \text{ N}</math>      <math>a_2 = 1,25 \text{ m}</math></p>    | $M_1 = F_1 \cdot a_1$<br>$M_1 = 100 \text{ Nm}$<br>$M_2 = F_2 \cdot a_2$<br>$M_2 = 125 \text{ Nm}$ | <p><b>b)</b></p> |
| <p><math>F_1 = 100 \text{ N}</math>      <math>a_1 = 1,5 \text{ m}</math>      <math>F_2 = 200 \text{ N}</math>      <math>a_2 = 0,75 \text{ m}</math></p> | $M_1 = F_1 \cdot a_1$<br>$M_1 = 150 \text{ Nm}$<br>$M_2 = F_2 \cdot a_2$<br>$M_2 = 150 \text{ Nm}$ | <p><b>d)</b></p> |

2. Kolik kilogramů váží balík? Jedna cihla váží 5 kg.

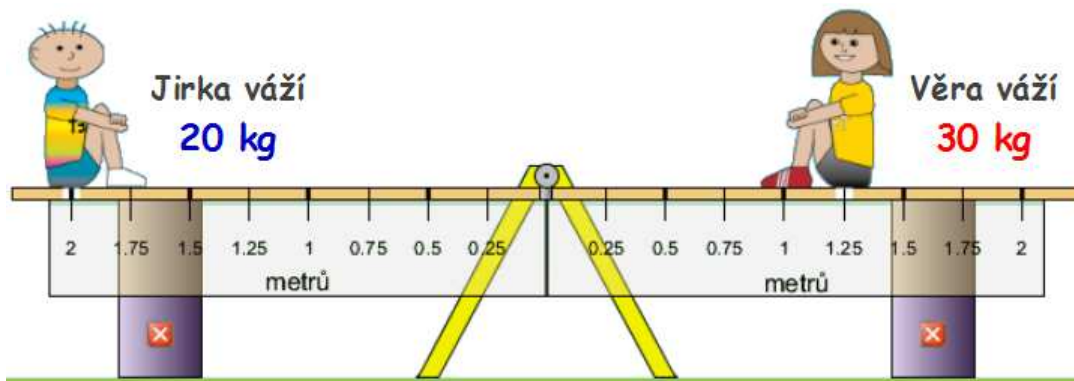


Cihly váží 10 kg, balík je v poloviční vzdálenosti, působí dvojnásobnou silou, proto je dvakrát těžší než cihly. Balík váží 20 kg.



Cihly váží 20 kg, balík je v 4x větší vzdálenosti, působí 4x menší silou, proto je 4x krát lehčí než cihly. Balík váží 5 kg.

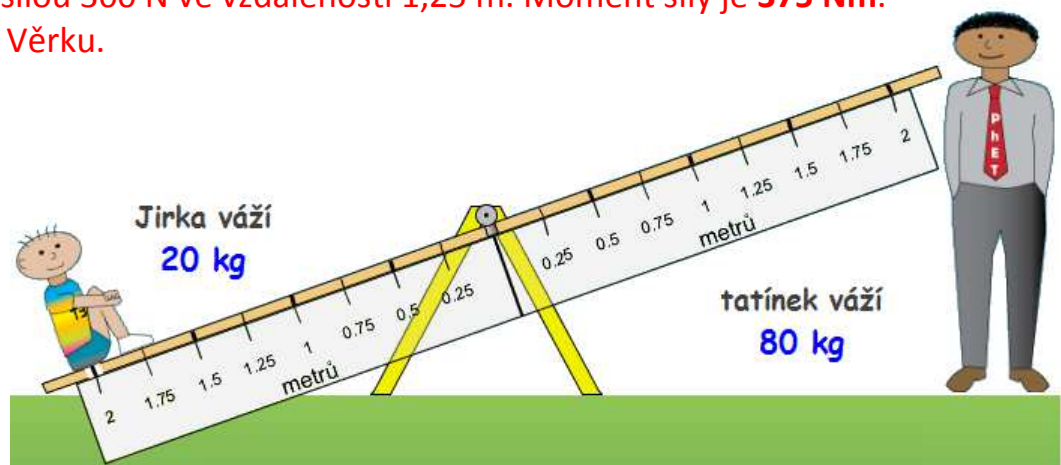
3. Kdo koho převáží? Kam se má tatínek posadit, aby nastala rovnováha?



Jirka působí silou 200 N ve vzdálenosti 2 m. Moment síly je 400 Nm

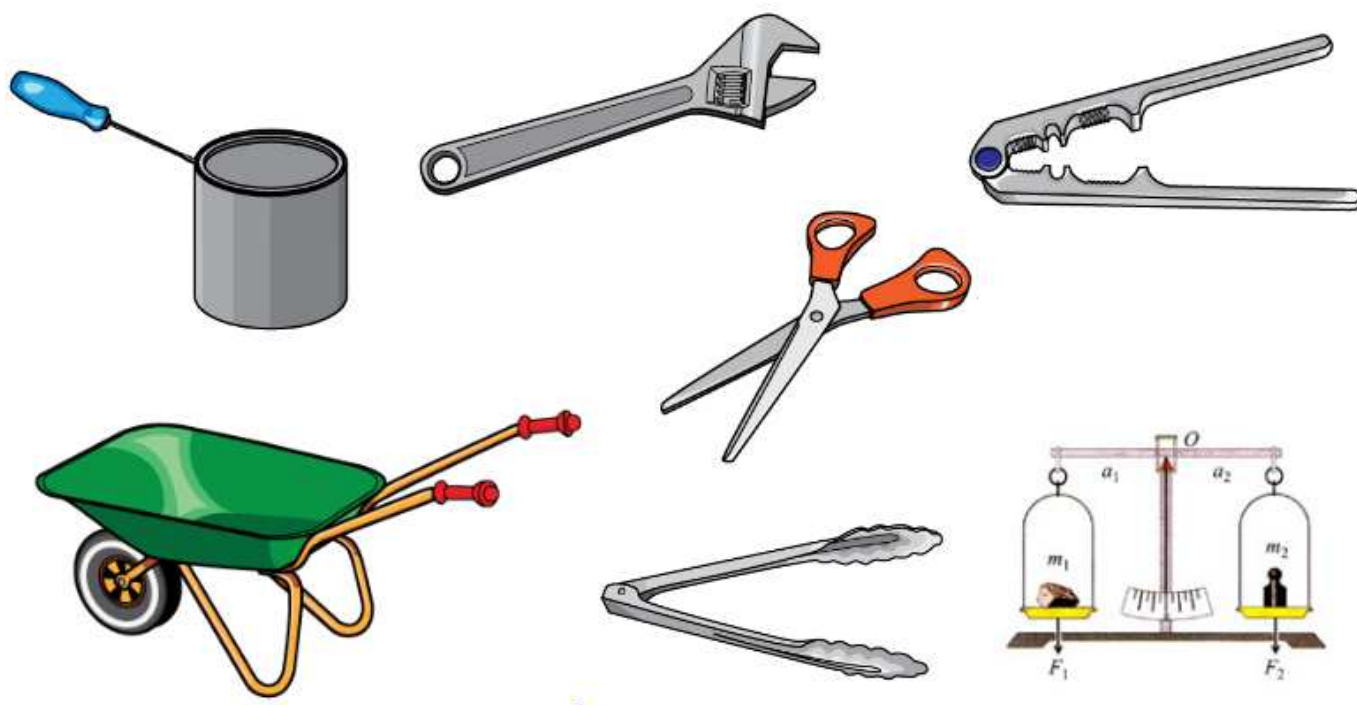
Věra působí silou 300 N ve vzdálenosti 1,25 m. Moment síly je 375 Nm.

Jirka převáží Věrku.



Tatínek působí na houpačku silou 800 N. Aby vyšel moment síly 400 Nm musí se posadit do vzdálenosti 0,5 m. nebo Tatínek je 4x těžší, musí sedět 4x blíž, tedy  $2 \div 4 = 0,5$  m.

## 27\_Užití páky



## 28\_Zvedání těles - kladky

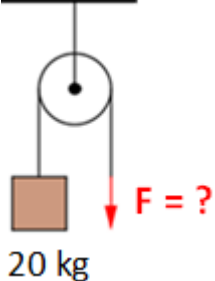
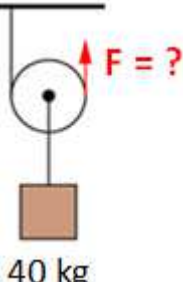
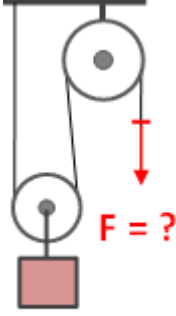
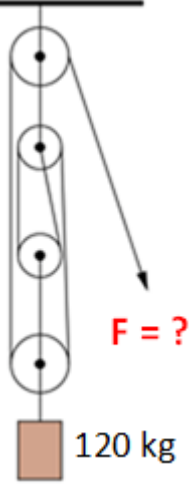
Jak lze zvednout těleso o hmotnosti 50 kg?

| bez kladky                                   | pomocí<br><b>pevné</b> kladky | pomocí<br><b>volné</b> kladky    | <b>kladkostrojem</b>             |                                     |
|--|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
|  |                               |                                  |                                  |                                     |
| <b>SÍLA</b> působící na volný konec lana je: |                               |                                  |                                  |                                     |
| 500 N  | stejná<br>500 N               | <b>poloviční</b><br><b>250 N</b> | <b>poloviční</b><br><b>250 N</b> | <b>4 krát menší</b><br><b>125 N</b> |
| nahoru                                       | <b>dolů</b>                   | nahoru                           | <b>dolů</b>                      | <b>dolů</b>                         |

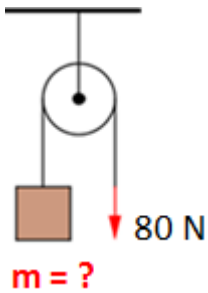
Použijeme-li volnou kladku, působíme ve dvojnásobné vzdálenosti, a proto stačí poloviční síla.

## 29\_Kladky - příklady

1. Urči typ kladky a vypočti velikost síly působící na volný konec lana. (hmotnost volných kladek a tření zanedbáváme)

|   |  |
|---|--|
|  <p>20 kg</p>                            | <p> <math>m = 20 \text{ kg}</math><br/> <math>g = 10 \text{ N/kg}</math><br/> <math>F = ? \text{ [N]}</math>      kladka: <b>pevná</b> <math>\Rightarrow F = F_g</math><br/> <math>F_g = m \cdot g = 20 \cdot 10 = 200 \text{ N} = F</math> </p>   |
|  <p>40 kg</p>                           | <p> <math>m = 40 \text{ kg}</math><br/> <math>g = 10 \text{ N/kg}</math><br/> <math>F = ? \text{ [N]}</math>      kladka: <b>volná</b> <math>\Rightarrow F = F_g/2</math><br/> <math>F_g = m \cdot g = 40 \cdot 10 = 400 \text{ N}</math><br/> <math>F = 400 : 2 = 200 \text{ N}</math> </p>   |
|  <p><math>m = 30 \text{ kg}</math></p> | <p><b>kladkostroj s 1 volnou kladkou</b></p> <p> <math>\Rightarrow F = F_g/2</math>    <math>\Rightarrow F_g = m \cdot g = 30 \cdot 10 = 300 \text{ N}</math><br/> <math>\Rightarrow F = 300 : 2 = 150 \text{ N}</math><br/> síla je 2x menší, protože je těleso zavěšeno na 2 lanech </p>   |
|  <p>120 kg</p>                         | <p><b>kladkostroj s 2 volnými kladkami</b></p> <p> <math>\Rightarrow F = F_g/2n</math>    <math>\Rightarrow (n - \text{počet volných kladek})</math><br/> <math>F_g = m \cdot g = 120 \cdot 10 = 1\,200 \text{ N}</math><br/> <math>F = \frac{F_g}{2n} = \frac{1200}{2 \cdot 2} = \frac{1200}{4} = 300 \text{ N}</math><br/> síla je 4x menší, protože je těleso zavěšeno na 4 lanech </p> |

1. Urči typ kladky a vypočti hmotnost zvedaného tělesa.  
(hmotnost volných kladek a tření zanedbáváme)

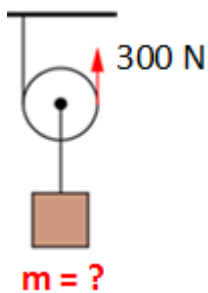


$$F = 80 \text{ N}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$m = ? \text{ [kg]} \quad \text{kladka: } \text{pevná} \Rightarrow F = F_g = 80 \text{ N}$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{80}{10} = 8 \text{ kg}$$



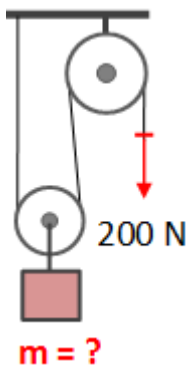
$$F = 300 \text{ N}$$

$$g = 10 \text{ N/kg}$$

$$m = ? \text{ [kg]} \quad \text{kladka: } \text{volná} \Rightarrow F = F_g/2$$

$$F_g = 2 \cdot F = 2 \cdot 300 = 600 \text{ N}$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{600}{10} = 60 \text{ kg}$$

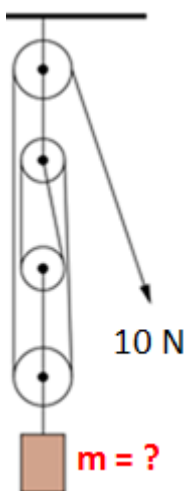


**kladkostroj s 1 volnou kladkou**

$$\Rightarrow F = F_g/2 \Rightarrow F_g = 2 \cdot F = 2 \cdot 200 = 400 \text{ N}$$

síla je 2x menší, protože je těleso zavěšeno na 2 lanech

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{400}{10} = 40 \text{ kg}$$



**kladkostroj s 2 volnými kladkami**

$$\Rightarrow F = F_g/2n \Rightarrow (n - \text{počet volných kladek})$$

síla je 4x menší, protože je těleso zavěšeno na 4 lanech

$$F_g = 2n \cdot F = 2 \cdot 2 \cdot 10 = 40 \text{ N}$$

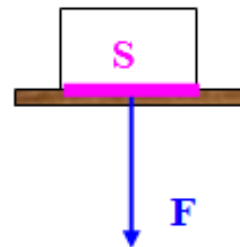
$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{40}{10} = 4 \text{ kg}$$



| <b>Dú:</b> | urči typ kladky a vypočti sílu |              |              | urči typ kladky a vypočti hmotnost |              |             |
|------------|--------------------------------|--------------|--------------|------------------------------------|--------------|-------------|
|            |                                |              |              |                                    |              |             |
| typ        | volná                          | kladkostroj  | kladkostroj  | pevná                              | kladkostroj  | volná       |
| <b>m</b>   | 30 kg                          | 3 · 20 kg    | 200 kg       | <b>8 kg</b>                        | <b>40 kg</b> | <b>6 kg</b> |
| <b>F</b>   | <b>150 N</b>                   | <b>300 N</b> | <b>500 N</b> | 80 N                               | 200 N        | 30 N        |

## 30\_Deformační účinky síly

Pro posouzení deformačních účinků síly zavedeme novou veličinu, tlak. Čím větší tlak, tím větší deformace a naopak



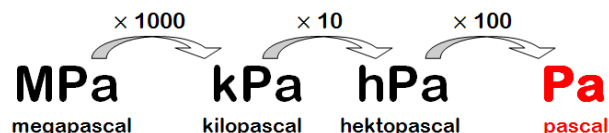
### Tlak

značka: **p**

základní jednotka: **Pa** (Pascal, paskal)

výpočet:  $p = \frac{F}{S}$

převody:



**F - tlaková síla**, kterou působí jedno těleso na druhé, **kolmo** na styčné plochy  
**S - obsah** (povrch) styčných ploch

**Velikost tlaku závisí na:**

- **přímo úměrně na velikosti tlakové síly**

větší tlaková síla způsobí větší tlak

- **nepřímo úměrně na velikosti plochy**

působí-li stejná tlaková síla na větší plochu, způsobí menší tlak

| tlaková síla      | obsah plochy                  | tlak              |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|
| 600 N             | 10 m <sup>2</sup>             | 60 Pa             |
| 1200 N<br>2krát ↑ | 10 m <sup>2</sup>             | 120 Pa<br>2krát ↑ |
| 600 N             | 1 m <sup>2</sup>              | 600 Pa            |
| 600 N             | 10 m <sup>2</sup><br>10krát ↑ | 60 Pa<br>10krát ↓ |

**Převody jednotek tlaku, síly a obsahu**

|                         |                |            |    |
|-------------------------|----------------|------------|----|
| 200 Pa =                | kPa            | 1500 N =   | kN |
| 0,3 kPa =               | Pa             | 0,007 MN = | N  |
| 135 000 Pa =            | MPa            | 7,4 kN =   | N  |
| 6,05 kPa =              | Pa             | 6 000 N =  | kN |
| 0,04 hPa =              | Pa             | 4 500 mN = | N  |
| 500 cm <sup>2</sup> =   | m <sup>2</sup> |            |    |
| 6 dm <sup>2</sup> =     | m <sup>2</sup> |            |    |
| 3 800 mm <sup>2</sup> = | m <sup>2</sup> |            |    |

## 31\_Tlak – příklady

**Př. 1** Špička hřebíku má obsah  $0,2 \text{ mm}^2$  a na hřebík působí tlaková síla  $1 \text{ N}$ . Jaký je tlak u hrotu hřebíku?

$$S = 0,2 \text{ mm}^2 = 0,000\,000\,2 \text{ m}^2$$

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

$$p = ? \text{ [Pa]}$$

---

$$p = \frac{F}{S}$$

$$p = \frac{1}{0,000\,000\,2} = 5\,000\,000 \text{ Pa} = 5 \text{ MPa}$$

Tlak u hrotu hřebíku je  $5 \text{ MPa}$ .

**Př. 2** Člověk o hmotnosti  $84 \text{ kg}$  stojí na jedné noze. Obsah podrážky jeho boty je  $0,015 \text{ m}^2$ . Vypočítej tlak člověka na podložku.

$$m = 84 \text{ kg}$$

$$S = 0,015 \text{ m}^2$$

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

$$p = ? \text{ [Pa]}$$

---

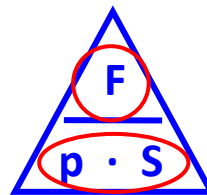
$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$$

$$p = \frac{84 \cdot 10}{0,015} = 56\,000 \text{ Pa} = 56 \text{ kPa}$$

Stojí-li člověk na jedné noze, je tlak na podložku  $56 \text{ kPa}$ .

Postaví-li se na obě nohy, bude obsah dvojnásobný a tlak poloviční.

## 32\_Tlaková síla



Výpočet:  $F = p \cdot S$

Směr tlakové síly: **vždy kolmý k ploše.**

**Př. 3** Tlak větru je 1,2 kPa. Vypočítej tlakovou sílu působící na lodní plachtu o obsahu 2,5 m<sup>2</sup>.

$$p = 1,2 \text{ kPa} = 1\,200 \text{ Pa}$$

$$S = 2,5 \text{ m}^2$$

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

---

$$F = p \cdot S$$

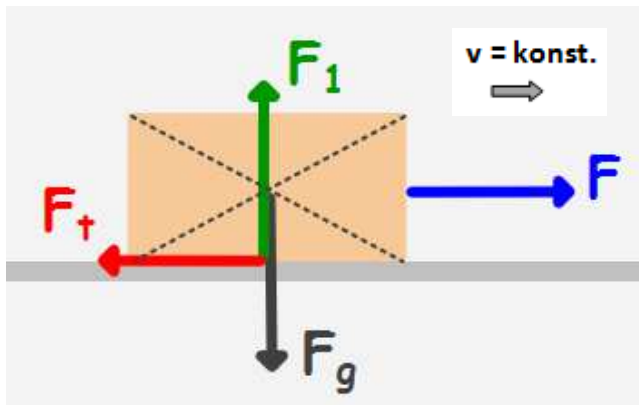
$$F = 1200 \cdot 2,5 = 3000 \text{ N}$$

Na lodní plachtu působí tlaková síla 3 000 N.

## 33\_ Třecí síla

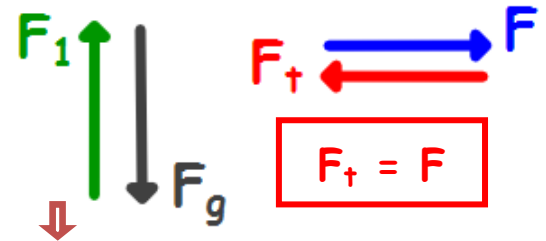
**Klidová třecí síla** - je větší než smyková třecí síla

### Třecí síla



$F_g$   
 $F_1$   
 $F$   
 $F_t$

gravitační síla  
síla podložky  
tahová síla  
třecí síla



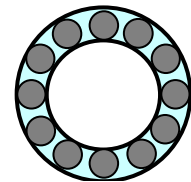
síly jsou v rovnováze, jejich **výslednice je nulová**  
kvádr se pohybuje **stálou rychlostí** (rovnoměrně),

je-li  $F_t > F$  rychlost se **zmenšuje**

je-li  $F_t < F$  rychlost se **zvětšuje**

### Třecí síla

- působí vždy **proti směru pohybu** tělesa
- je **přímo úměrná tlakové síle** (hmotnosti tělesa)  
větší tlaková síla  $\Rightarrow$  větší tření
- **závisí na materiálu a drsnosti** styčných ploch  
drsnější povrch  $\Rightarrow$  větší tření
- nezávisí na obsahu styčných ploch
- **při valivém pohybu je menší**



ložiska

### Změny třecí síly

#### nevýhody třecí síly:

- **brzdění**
- zahřívání součástí strojů
- odírání styčných ploch

#### výhody třecí síly:

- **brzdění**
- posyp silnic (bezpečnost)
- psaní po tabuli, papíře

#### tření zvětšíme:

- zdrsněním povrchu
- užitím jiných materiálů

#### tření zmenšíme:

- úpravou povrchu
- mazáním
- užitím ložisek