

## Obsah

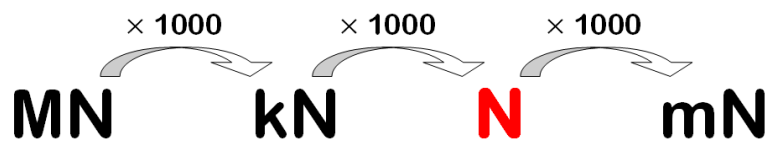
11_Síla .....	2
12_Znázornění síly.....	5
13_Gravitační síla .....	5
14_Gravitační síla - příklady.....	6
15_Skládání sil.....	7
16_PL: SKLÁDÁNÍ SIL - řešení .....	8
17_Skládání různoběžných sil působících v jednom bodě .....	9
18_Rovnováha sil .....	9
PL: ROVNOVÁHA SIL - řešení.....	10
19_Těžiště tělesa .....	11
20_Účinky síly.....	12
21_Zákon setrvačnosti.....	13
22_Zákon vzájemného působení dvou těles .....	13
23_Otáčivý účinek síly .....	14
24_Podmínky rovnováhy na páce .....	14
25_Páka – rovnováha - příklady.....	15
26_PL: OTÁČIVÉ ÚČINKY SÍLY, ROVNOVÁHA - řešení .....	16
27_Užití páky.....	18
28_Zvedání těles - kladky .....	18
29_Kladky - příklady .....	19
30_Deformační účinky síly .....	22
31_Tlak – příklady .....	23
32_Tlaková síla .....	24
33_Třecí síla .....	24

# 11\_Síla

značka: **F**

jednotka: **N**(ňutn)

převody:



Př.:  $0,4 \text{ kN} = 400 \text{ N}$

$3\,500 \text{ N} = 3,5 \text{ kN}$

$6,2 \text{ MN} = 6\,200\,000 \text{ N}$

$72\,000 \text{ N} = 0,072 \text{ MN}$

Měřidlo: **siloměr** (prodloužení pružiny je přímo úměrné působící síle)

**Nepiš**, pouze pro opakování měření síly

Do tabulky doplň velikost síly odpovídající 1 dílku a velikost působící síly.

1 dílek					
síla <b>F</b> =					

PL: Procvičování převodů jednotek síly

200 N	=	kN	350 000 N	=	MN
5,06 MN	=	N	6 050 mN	=	N
0,8 kN	=	N	12 300 kN	=	MN
0,04 MN	=	kN	7 MN	=	N
6 500 mN	=	N	0,004 kN	=	N

Procvičování převodů jednotek:

délky, obsahu, objemu, hmotnosti, hustoty, času, rychlosti, síly

200 m	=	km	3 h	=	s
5,06 kg	=	g	54 km/h	=	m/s
7 000 kN	=	MN	36 000 N	=	kN
8 min	=	s	0,006 m <sup>3</sup>	=	l
0,5 t	=	kg	0,4 dm	=	cm
4,2 g/cm <sup>3</sup>	=	kg/m <sup>3</sup>	25 m/s	=	km/h
30 s	=	min	0,0005 m <sup>3</sup>	=	cm <sup>3</sup>
20 m/s	=	km/h	0,08 kN	=	N
0,04 m <sup>3</sup>	=	cm <sup>3</sup>	13 g	=	mg
6,5 km	=	m	2,5 d	=	h
0,8 N	=	mN	20,3 cm	=	m
36 km/h	=	m/s	1 680 000 N	=	MN
6,9 kg	=	g	42 s	=	min
24 min	=	h	500 cm <sup>2</sup>	=	dm <sup>2</sup>
11500 kg/m <sup>3</sup>	=	g/cm <sup>3</sup>	6,8 l	=	dm <sup>3</sup>
200 ml	=	l	0,004 MN	=	N
9 km	=	m	15 400 g	=	kg

PL: Procvičování převodů jednotek síly - řešení

200 N	=	<b>0,2</b> kN	350 000 N	=	<b>0,35</b> MN
5,06 MN	=	<b>5 060 000</b> N	6 050 mN	=	<b>6,05</b> N
0,8 kN	=	<b>800</b> N	12 300 kN	=	<b>12,3</b> MN
0,04 MN	=	<b>40</b> kN	7 MN	=	<b>7 000 000</b> N
6 500 mN	=	<b>6,5</b> N	0,004 kN	=	<b>4</b> N

Procvičování převodů jednotek:

délky, obsahu, objemu, hmotnosti, hustoty, času, rychlosti, síly - řešení

200 m	=	<b>0,2</b> km	3 h	=	<b>3*60*60</b> s
5,06 kg	=	<b>5060</b> g	54 km/h	=	<b>15</b> m/s
7 000 kN	=	<b>7</b> MN	36 000 N	=	<b>36</b> kN
8 min	=	<b>480</b> s	0,006 m <sup>3</sup>	=	<b>6 000</b> l
0,5 t	=	<b>500</b> kg	0,4 dm	=	<b>4</b> cm
4,2 g/cm <sup>3</sup>	=	<b>4200</b> kg/m <sup>3</sup>	25 m/s	=	<b>90</b> km/h
30 s	=	<b>0,5</b> min	0,0005 m <sup>3</sup>	=	<b>500</b> cm <sup>3</sup>
20 m/s	=	<b>72</b> km/h	0,08 kN	=	<b>80</b> N
0,04 m <sup>3</sup>	=	<b>40 000</b> cm <sup>3</sup>	13 g	=	<b>13 000</b> mg
6,5 km	=	<b>6 500</b> m	2,5 d	=	<b>2,5*24</b> h
0,8 N	=	<b>800</b> mN	20,3 cm	=	<b>0,203</b> m
36 km/h	=	<b>10</b> m/s	1 680 000 N	=	<b>1,68</b> MN
6,9 kg	=	<b>6 900</b> g	42 s	=	<b>0,7</b> min
24 min	=	<b>0,4</b> h	500 cm <sup>2</sup>	=	<b>5</b> dm <sup>2</sup>
11500 kg/m <sup>3</sup>	=	<b>11,5</b> g/cm <sup>3</sup>	6,8 l	=	<b>6,8</b> dm <sup>3</sup>
200 ml	=	<b>0,2</b> l	0,004 MN	=	<b>4 000</b> N
9 km	=	<b>9 000</b> m	15 400 g	=	<b>15,4</b> kg

## 12\_Znázornění síly

Síla je určena **velikostí a směrem**.

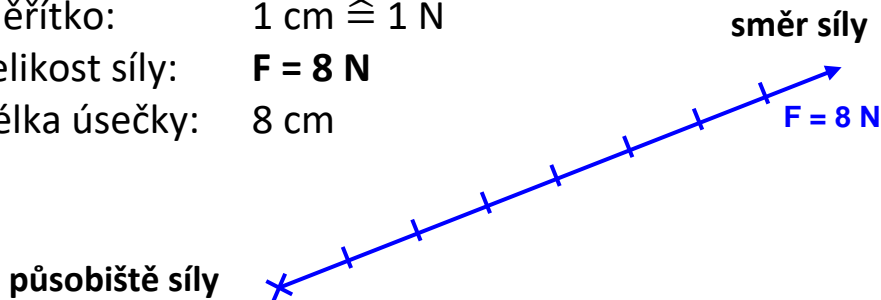
Její účinek závisí i na **působišti síly**(místo, v němž síla působí).

Sílu znázorňujeme **orientovanou úsečkou**.

měřítko: 1 cm  $\hat{=}$  1 N

velikost síly: **F = 8 N**

délka úsečky: 8 cm



Urči velikost síly v N:

Měřítko:

1 dílek  $\hat{=}$  10 N

1 dílek  $\hat{=}$  500 N

1 dílek  $\hat{=}$  2 kN

$F_1 = 30 \text{ N}$

$F_2 = 2000 \text{ N}$

$F_1 = 4 \text{ kN}$

Délka úsečky:

3 dílky

4 dílky

2 dílků

měřítko	velikost síly	délka úsečky
1 cm $\hat{=}$ 2 N	$F_1 = 10 \text{ N}$	5 cm
1 cm $\hat{=}$ 5 kN	$F_2 = 40 \text{ kN}$	8 cm
1 cm $\hat{=}$ 400 N	$F_3 = 1\,200 \text{ N}$	3 cm

## 13\_Gravitační síla

značka: **F<sub>g</sub>**

jednotka: **N**

výpočet:  **$F_g = m \cdot g$**

Země působí na tělesa silou svisele dolů

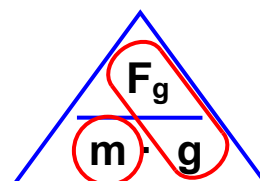
$$m = \frac{F_g}{g}$$

**F<sub>g</sub>** gravitační síla [N]

**m** – hmotnost tělesa [kg]

**g** – gravitační zrychlení

**g = 9,81 N/kg** přibližně **10 N/kg**



## 14\_Gravitační síla - příklady

- 1) Taška s nákupem váží 12 kg. Vypočti velikost působící gravitační síly.

$$m = 12 \text{ kg}$$

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

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

$$F_g = m \cdot g = 12 \cdot 10 = 120 \text{ N}$$

Na tašku s nákupem působí Země svisle dolů silou 120 N

- 2) Jak velká gravitační síla působí na člověka, jehož hmotnost je 80 kg?

$$m = 80 \text{ kg}$$

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

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

$$F_g = m \cdot g = 80 \cdot 10 = 800 \text{ N}$$

Země působí na člověka silou 800 N

- 3) Jak velkou gravitační silou je přitahováno Zemí těleso vážící 500 g?

$$m = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$$

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

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

$$F_g = m \cdot g = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ N}$$

Země působí na těleso silou 5 N.

- 4) Jakou hmotnost má automobil, který je k Zemi přitahován silou 8 kN?

$$F_g = 8 \text{ kN} = 8000 \text{ N}$$

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

$$m = ? \text{ [kg]}$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{8000}{10} = 800 \text{ kg}$$

Auto váží 800 kg.

- 5) Siloměr ukazuje hodnotu 15 N. Jakou hmotnost má zavěšené těleso?

$$F_g = 15 \text{ N}$$

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

$$m = ? \text{ [kg]}$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{15}{10} = 1,5 \text{ kg}$$

Těleso váží 1,5 kg.

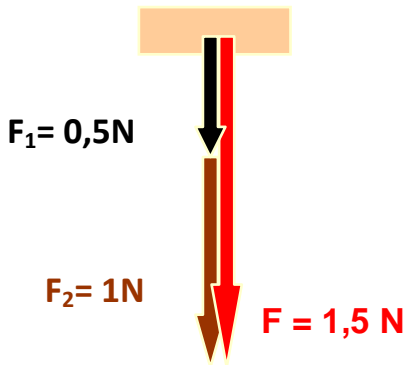
# 15\_Skládání sil

Působí-li na těleso současně více sil, nahradíme je tzv. **výslednicí sil**, která má na těleso **stejný účinek** jako skládané síly

Posuvný účinek síly na těleso se nezmění, posuneme-li působíště ve směru působící síly.

## a) stejného směru

na závěsu jsou zavěšena dvě závaží vážící 50g a 100 g,



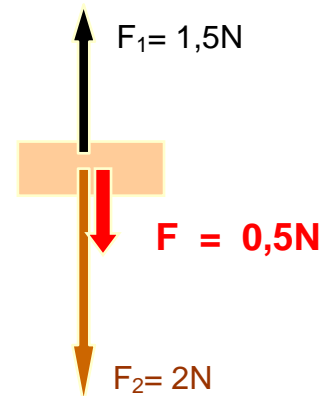
Výslednice sil má s danými silami **stejný směr** a velikost danu **součtem** dílčích sil.

$$F = F_1 + F_2 = 1,5 \text{ N}$$

## b) opačného směru

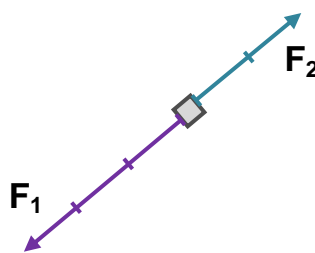
Výslednice sil má velikost danu **rozdílem** velikostí dílčích sil a směr **podle větší** z nich.

$$F = F_2 - F_1 = 2 - 1,5 = 0,5 \text{ N}$$



Urči velikosti působících sil, velikost a směr výslednice. Výslednici sil zakresli do obrázku červeně.

1 dílek  $\cong$  20N



$F_1 =$

$F_2 =$

$F =$

1 dílek  $\cong$  5 kN



$F_1 =$

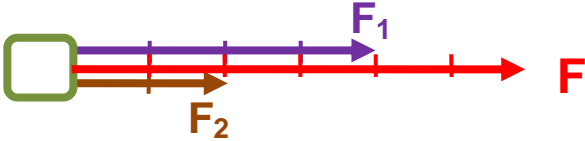
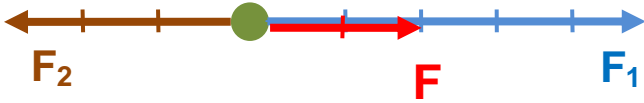
$F_3 =$

$F_2 =$

$F =$

16\_PL: **SKLÁDÁNÍ SIL - řešení**

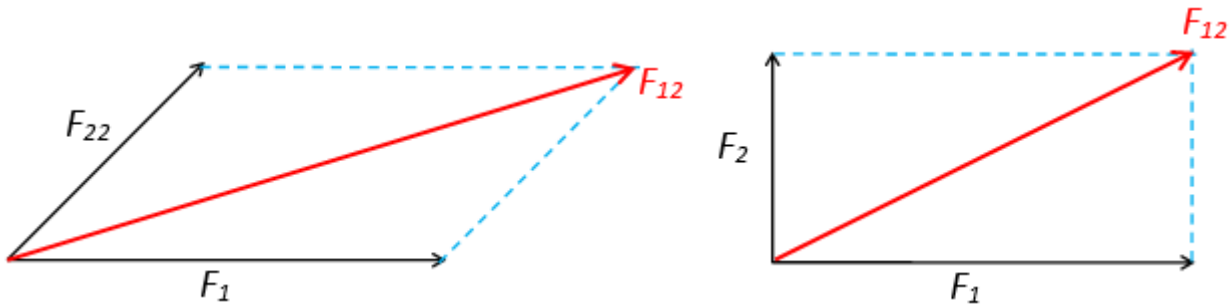
1) Urči velikosti dílčích sil. Do obr. doplň výslednici znázorněných sil.

a)	<p>1 dílek <math>\cong</math> 10 N</p> <p><math>F_1 = 40</math> N</p> <p><math>F_2 = 20</math> N</p> <p><b><math>F = F_1 + F_2 = 40 + 20 = 60</math> N</b></p>	
b)	<p>1 dílek <math>\cong</math> 5 kN</p> <p><math>F_1 = 25</math> kN</p> <p><math>F_2 = 15</math> kN</p> <p><b><math>F = F_1 - F_2 = 25 - 15 = 10</math> kN</b></p>	
c)	<p>1 dílek <math>\cong</math> 1 N</p> <p><math>F_1 = 5</math> N</p> <p><math>F_2 = 3</math> N</p> <p><math>F_3 = 1</math> N</p> <p><math>F_4 = 1</math> N      <math>F_{34} = 0</math> N (síly <math>F_3</math> a <math>F_4</math> se ve svých účincích ruší)</p> <p><b><math>F = F_1 - F_2 = 5 - 3 = 2</math> N</b></p>	
d)		e)
<p>1 dílek <math>\cong</math> 400 N</p> <p><math>F_1 = 1600</math> N</p> <p><math>F_2 = 800</math> N</p> <p><math>F_3 = 400</math> N</p> <p><b><math>F = F_1 + F_2 + F_3</math></b></p> <p><b><math>F = (1600 + 800 + 400)</math> N</b></p> <p><b><math>F = 2800</math> N</b></p>	<p>1 dílek <math>\cong</math> 2 MN</p> <p><math>F_1 = 6</math> MN</p> <p><math>F_2 = 2</math> MN</p> <p><math>F_3 = 2</math> MN</p> <p><b><math>F_{23} = 4</math> MN</b></p> <p><b><math>F = F_1 - F_{23}</math></b></p> <p><b><math>F = 6 - 4 = 2</math> MN</b></p>	



## 17\_Skládání různoběžných sil působících v jednom bodě

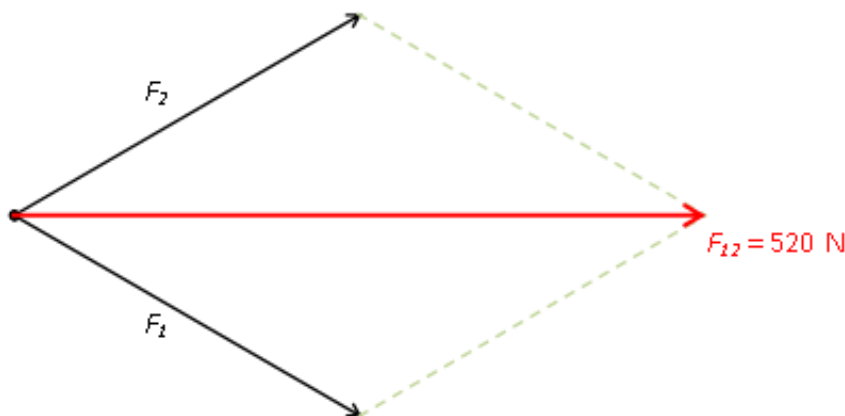
Výslednice je dána úhlopříčkou rovnoběžníku s počátkem v působišti obou sil.  
Grafické znázornění výslednice dvojice sil:



Př.:

Dva čluny táhnou do přístavu loď. Každý z nich napíná lano silou o velikosti 300 kN. Lana spolu svírají úhel 60°.

Graficky urči velikost a směr jediného člunu, který by měl na loď stejný pohybový účinek jako oba čluny. Měřítko: 1 cm  $\hat{=}$  60 kN



## 18\_Rovnováha sil

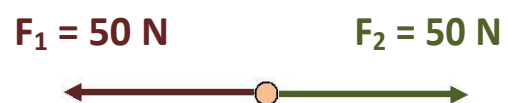
působí-li

- ⊙ na jedno těleso
- ⊙ současně
- ⊙ dvě síly stejné velikosti  $F_1 = F_2$
- ⊙ opačného směru

je jejich výslednice nulová.

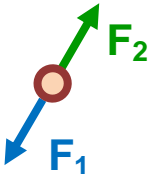
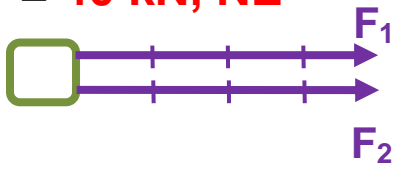
$$F = F_1 - F_2 = 50 - 50 = 0 \text{ N}$$

**Síly  $F_1$  a  $F_2$  se ve svých účincích ruší.**

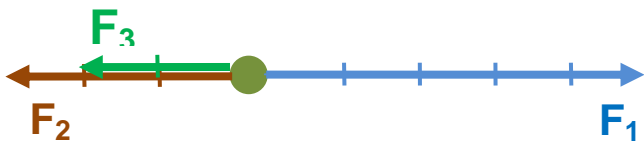
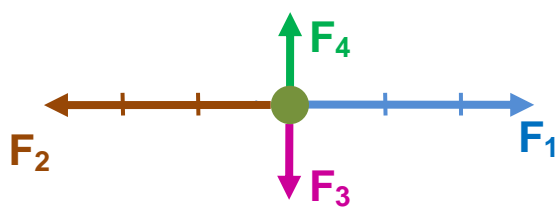


PL: **ROVNOVÁHA SIL - řešení**

1) Jsou síly působící na těleso v rovnováze?

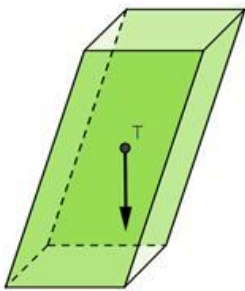
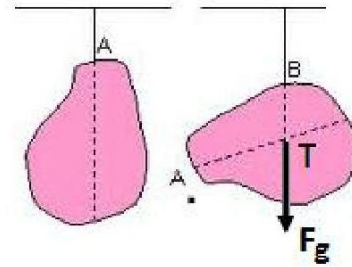
<p>a)</p>	<p>1 dílek <math>\hat{=}</math> 10 N  <math>F_1 = 10</math> N  <math>F_2 = 10</math> N  <math>F = 0</math> N  <b>ANO</b></p> 	<p>Působí síly na jedno těleso? <b>Ano</b>  Působí síly současně? <b>Ano</b>  Mají síly stejnou velikost? <b>Ano</b>  Mají síly opačný směr? <b>Ano</b></p>
<p>b)</p>	<p>1 dílek <math>\hat{=}</math> 5 kN  <math>F_1 = 20</math> kN  <math>F_2 = 20</math> kN  <math>F = 40</math> kN, NE</p> 	<p>Působí síly na jedno těleso? <b>Ano</b>  Působí síly současně? <b>Ano</b>  Mají síly stejnou velikost? <b>Ano</b>  Mají síly opačný směr? <b>Ne</b></p>

2) Doplň do obrázku 1 sílu tak, aby byly všechny síly v rovnováze.

<p>a)</p>	<p>1 dílek <math>\hat{=}</math> 2 MN  <math>F_1 = 10</math> MN  <math>F_2 = 6</math> MN  <math>F_3 = 4</math> MN</p>	 <p><math>F_2 + F_3 = F_1</math>      <math>F = 0</math> MN  <math>6 + 4 = 10</math></p>
<p>b)</p>	<p>1 dílek <math>\hat{=}</math> 40 N  <math>F_1 = 120</math> N  <math>F_2 = 120</math> N  <math>F_3 = 40</math> N  <math>F_4 = 40</math> N</p>	 <p><b>F = 0 N</b></p>

# 19\_ Těžiště tělesa

- ☉ každé těleso má jen **jedno těžiště (T)**
- ☉ v těžišti tělesa zakreslujeme **působíště** výsledné gravitační síly  $F_g$ , kterou Země působí na těleso
- ☉ **poloha těžiště závisí na rozložení látky v tělese**



tělesa zůstávají v klidu, jsou-li:

- ☉ zavěšená nad těžištěm nebo v těžišti
- ☉ podepřená přesně pod těžištěm nebo v těžišti

Stabilnější jsou tělesa se **širší základnou** a **nízko položeným těžištěm**.

## Rovnovážná poloha:

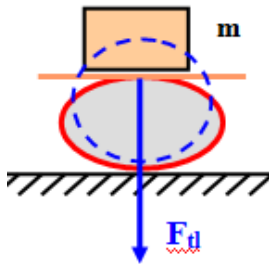
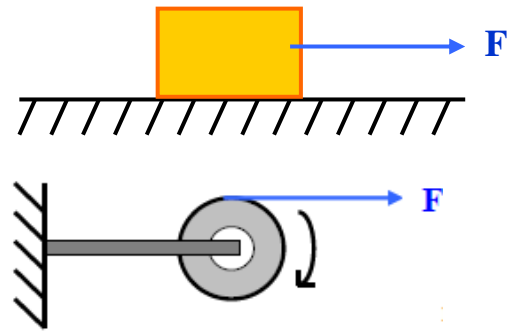
<p><b>stálá</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>☉ těžiště nejnižše</li> <li>☉ po vychýlení se do ní těleso <b>vrací</b></li> </ul>
<p><b>vratká</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>☉ těžiště nejvýše</li> <li>☉ po vychýlení se do ní těleso <b>nevrací</b></li> </ul>
<p><b>volná</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>☉ po vychýlení zůstává těleso v nové poloze</li> </ul>

## 20\_ Účinky síly

---

Rozdělení účinků síly

- **posuvné**  
posunutí tělesa po stole
- **otáčivé**  
utahování šroubu, páka, kladka



- **deformační**  
tlaková síla mění tvar míče

## Urychlující a brzdné účinky na těleso

---

**Pohybové zákony** – formuloval I. Newton

Působením vnější síly na těleso se mění:

- **rychlost tělesa**  
z klidu do pohybu a naopak, zrychlení nebo zpomalení tělesa
- **směr pohybu**

tyto změny závisí na:

1. **velikosti síly** – čím větší síla, tím větší změna stavu tělesa
2. **hmotnosti tělesa** – čím větší hmotnost tělesa, tím menší změna jeho stavu

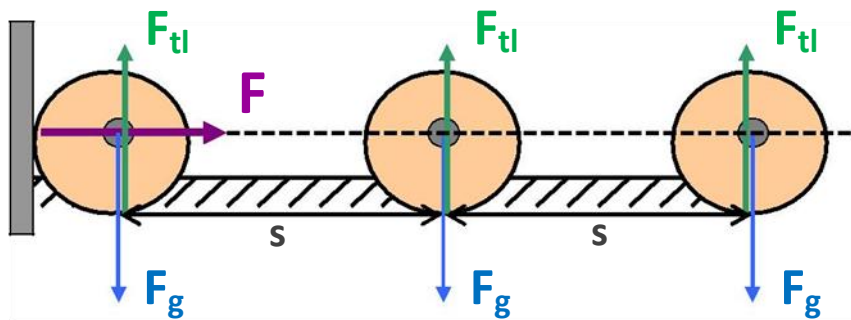
třecí, odporové síly – síly působící proti směru pohybu tělesa (odporová síla vzduchu, kapaliny, třecí síla mezi koly auta a vozovkou, ...)

## 21\_Zákon setrvačnosti

**setrvačnost tělesa** – vlastnost těles setrvávat v klidu nebo v pohybu rovnoměrněpřímočarém (stálá rychlost i směr)

Úderem (síla  $F$ ) je těleso uvedeno do pohybu.

$F_g = F_{tl}$  gravitační a tlaková síla podložky jsou **rovnováže** ( $F = 0 \text{ N}$ ) (odporové a třecí síly zanedbáváme)



Výslednice sil je nulová, a proto se váleček pohybuje rovnoměrně, přímočaře.

**Zákon setrvačnosti** (I. Newtonův zákon) :

těleso setrvává - **v klidu nebo**

**v pohybu rovnoměrném přímočarém,**

jestliže na ně - **nepůsobí jiná tělesa silou nebo**

**síly působící na těleso jsou v rovnováze.**

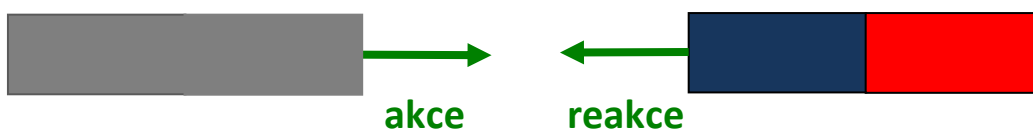
## 22\_Zákon vzájemného působení dvou těles

(zákon akce a reakce)

Působí-li jedno těleso na druhé silou (**akce**), působí i druhé těleso na první stejně velkou silou opačného směru (**reakce**).

Tyto síly současně vznikají a zanikají.

**Každá síla působí na jiné těleso  $\Rightarrow$  nemohou se vzájemně rušit!!!**



## 23\_Otáčivý účinek síly

Otáčivé účinky síly závisí na:

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

Pro posouzení otáčivých účinků zavádíme fyzikální veličinu:

### Moment síly

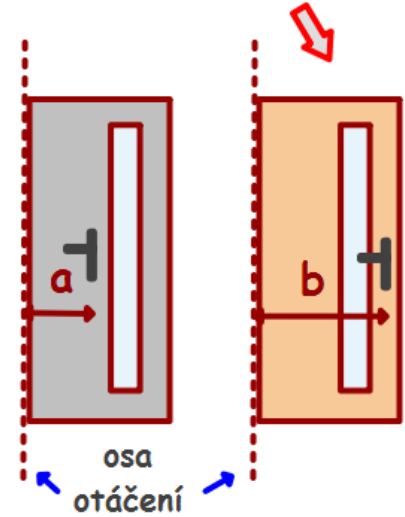
značka: **M**

jednotka: **Nm**(ňutnmetr)

výpočet:  **$M = F \cdot a$**

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

Které dveře se dají snadněji otevřít?



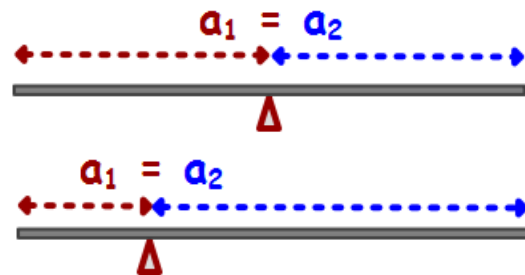
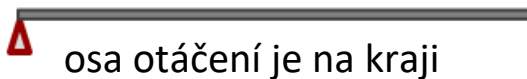
větší vzdálenost, menší síla

**Páka** – tyč otáčivá okolo osy

• **dvojzvrtná páka**

- rovníramenná
- nerovníramenná

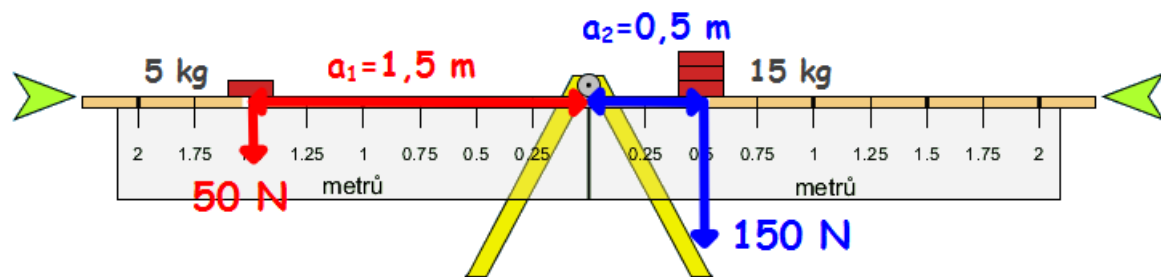
• **jednozvrtná páka**



## 24\_Podmínky rovnováhy na páce

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

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



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

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

(3x větší síla)

(3x menší rameno sil)

## 25\_Páka – rovnováha - příklady

1.

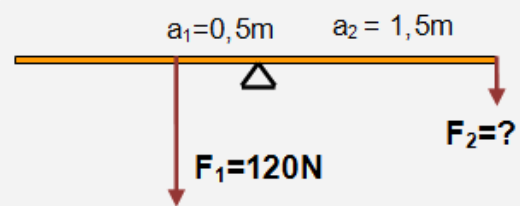
Jak velká musí být síla  $F_2$ , aby byla páka v rovnováze.

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.

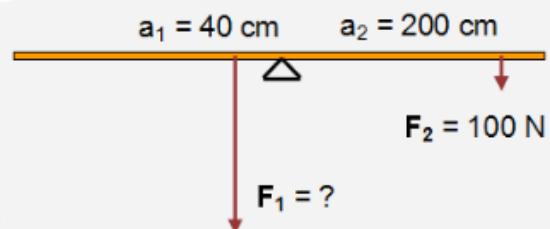
Jak velká musí být síla  $F_1$ , aby byla páka v rovnováze.

1. Kolikrát je  $a_1$  menší?

$$200 : 40 = 5$$

2. Síla  $F_1$  bude 5x větší, tedy

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



3.

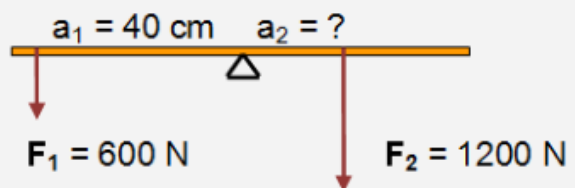
V jaké vzdálenosti od osy otáčení musí působit síla  $F_2$ , aby byla páka v rovnováze?

1. Kolikrát je  $F_2$  větší?

$$1200 : 600 = 2$$

2. Rameno  $a_2$  bude 2x menší, tedy

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



4.

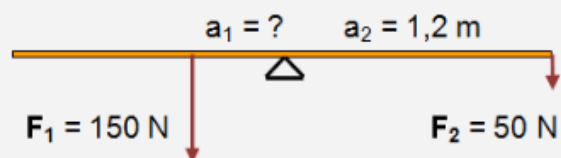
V jaké vzdálenosti od osy otáčení musí působit síla  $F_1$ , aby byla páka v rovnováze?

1. Kolikrát je  $F_1$  větší?

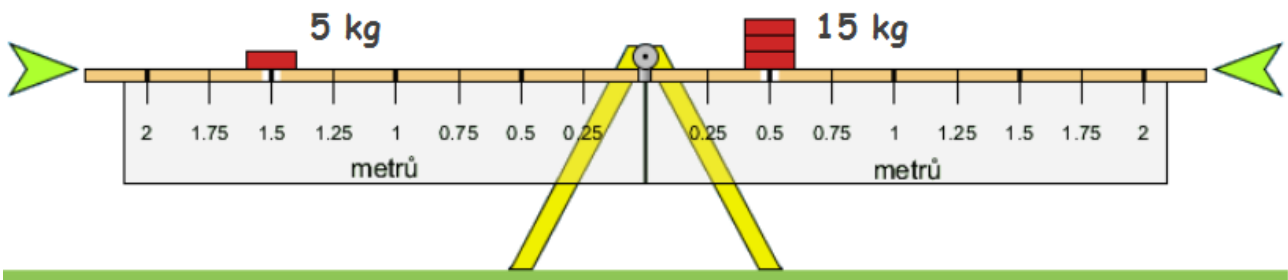
$$150 : 50 = 3$$

2. Rameno  $a_1$  bude 3x menší,

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



## 26\_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

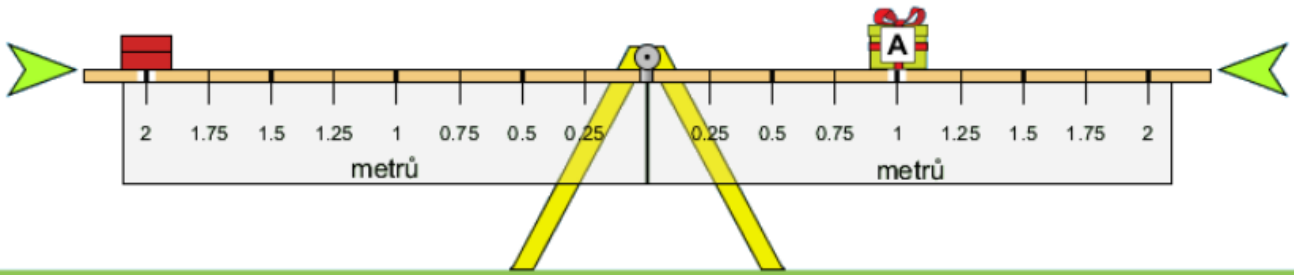
síly působí na různých stranách od osy otáčení

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

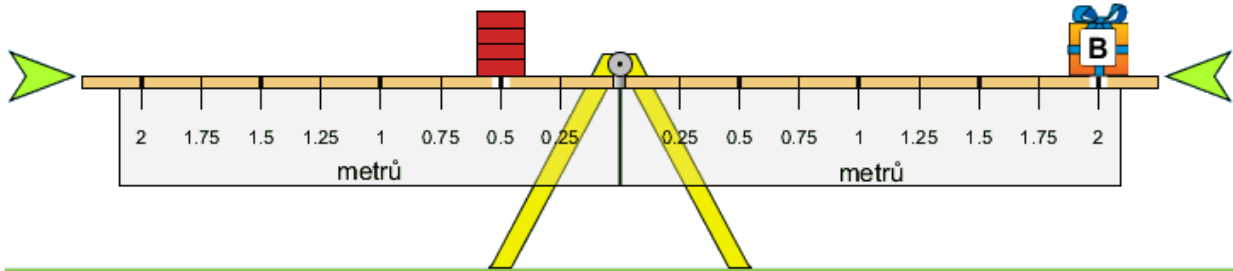
<p>A horizontal beam is supported by a central pivot. On the left side, a weight of 100 N is placed 1 m from the pivot. On the right side, a weight of 50 N is placed 1.5 m from the pivot. The beam is marked with a scale from 0 to 2 meters on both sides. Red 'X' marks are on the support pillars.</p> <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>	$M_1 = F_1 \cdot a_1$ $M_1 = 100 \text{ Nm}$ $M_2 = F_2 \cdot a_2$ $M_2 = 75 \text{ Nm}$	<p><b>a)</b></p>
<p>A horizontal beam is supported by a central pivot. On the left side, a weight of 150 N is placed 1 m from the pivot. On the right side, a weight of 100 N is placed 1.5 m from the pivot. The beam is marked with a scale from 0 to 2 meters on both sides. Red 'X' marks are on the support pillars.</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>	$M_1 = F_1 \cdot a_1$ $M_1 = 150 \text{ Nm}$ $M_2 = F_2 \cdot a_2$ $M_2 = 150 \text{ Nm}$	<p><b>c)</b></p>
<p>A horizontal beam is supported by a central pivot. On the left side, a 5 kg mass is placed 2 m from the pivot. On the right side, a 10 kg mass is placed 1.25 m from the pivot. The beam is marked with a scale from 0 to 2 meters on both sides. Red 'X' marks are on the support pillars.</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>	$M_1 = F_1 \cdot a_1$ $M_1 = 100 \text{ Nm}$ $M_2 = F_2 \cdot a_2$ $M_2 = 125 \text{ Nm}$	<p><b>b)</b></p>
<p>A horizontal beam is supported by a central pivot. On the left side, a weight of 100 N is placed 1.5 m from the pivot. On the right side, a weight of 200 N is placed 0.75 m from the pivot. The beam is marked with a scale from 0 to 2 meters on both sides. Red 'X' marks are on the support pillars.</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>	$M_1 = F_1 \cdot a_1$ $M_1 = 150 \text{ Nm}$ $M_2 = F_2 \cdot a_2$ $M_2 = 150 \text{ Nm}$	<p><b>d)</b></p>



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

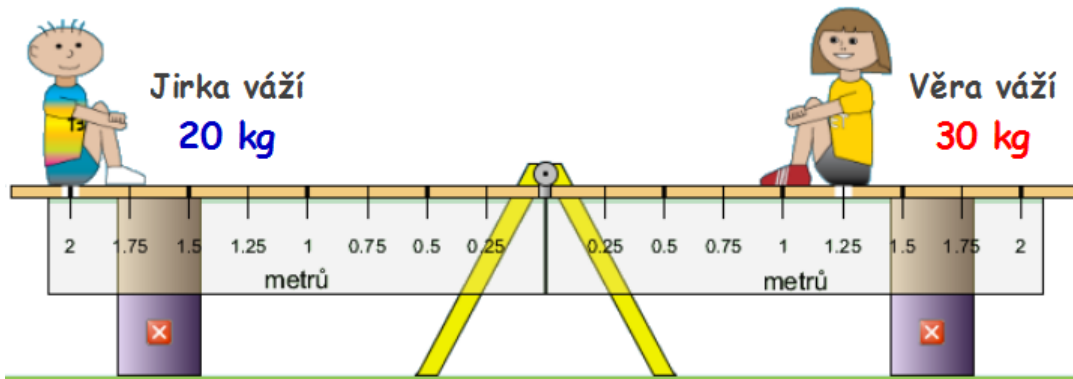


Cihly váží 10 kg, balík je v poloviční vzdálenosti, působí dvojnásobnou silou, proto je dvakrát těžší než cihly. Balík váží 20 kg.



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.

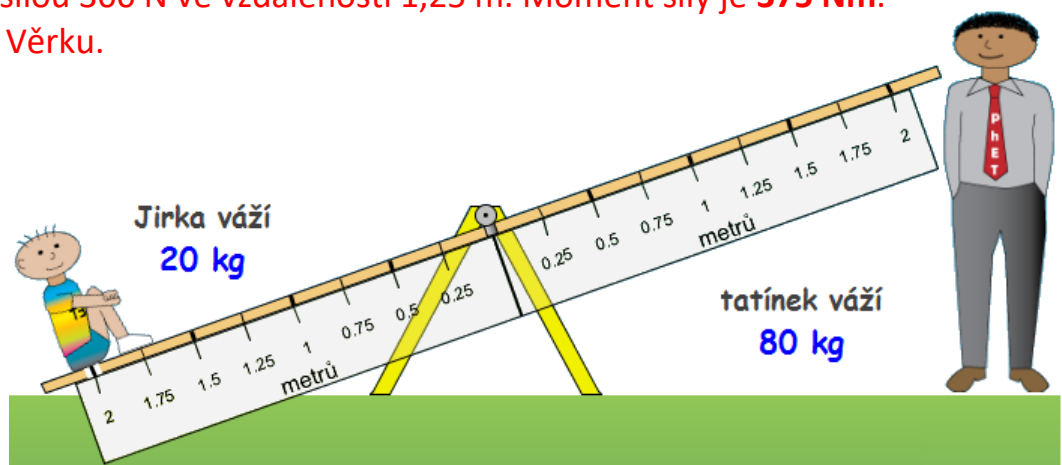
3. Kdo koho převáží? Kam se má tatínek posadit, aby nastala rovnováha?



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

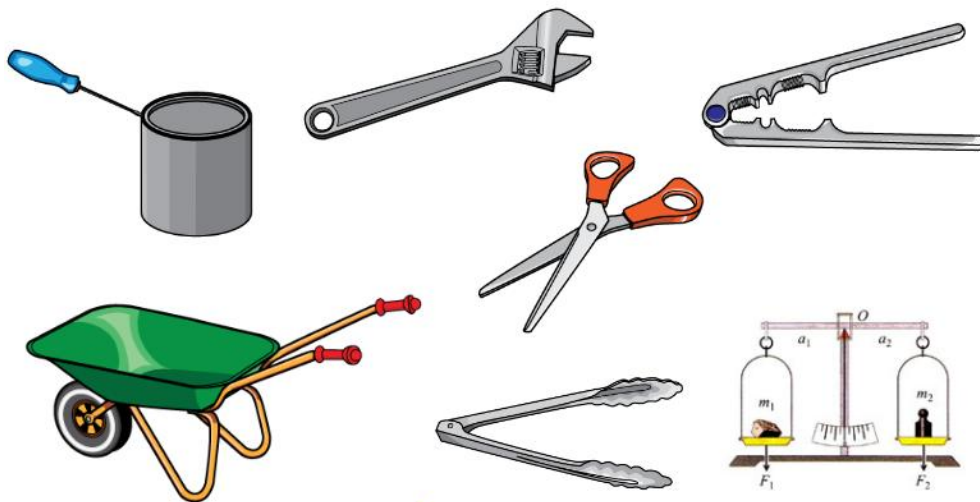
Věra působí silou 300 N ve vzdálenosti 1,25 m. Moment síly je 375 Nm.

Jirka převáží Věrku.



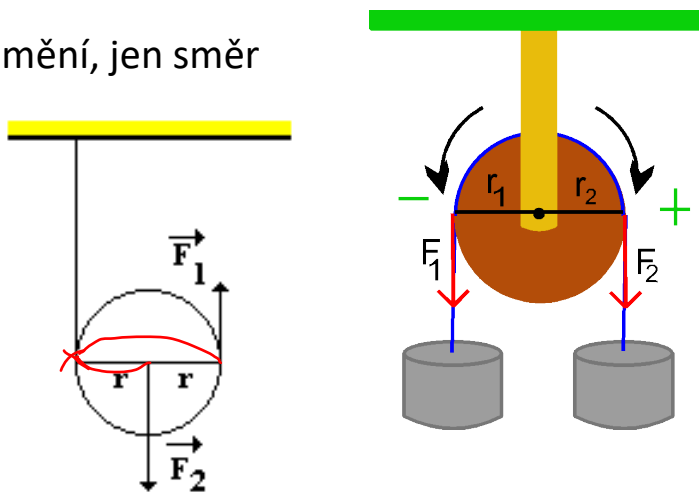
Tatínek působí na houpačku silou 800 N. Aby vyšel moment síly 400 Nm, musí se posadit do vzdálenosti 0,5 m. nebo Tatínek je 4x těžší, musí sedět 4x blíž, tedy  $2 : 4 = 0,5$  m.

## 27\_Užití páky



## 28\_Zvedání těles - kladky

- a) pomocí **pevné kladky** – síla se nemění, jen směr
- b) pomocí **volné kladky** stačí působit poloviční silou, protože působíme ve dvojnásobné vzdálenosti
- c) pomocí **kladkostroje** spojuje výhody obou kladek



Jak lze zvednout těleso o hmotnosti 50 kg?

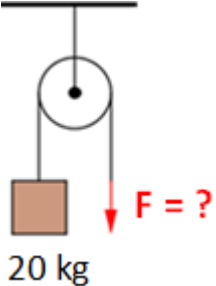
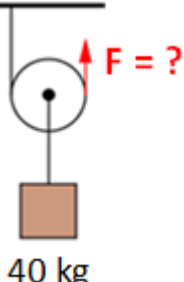
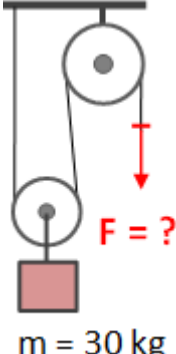
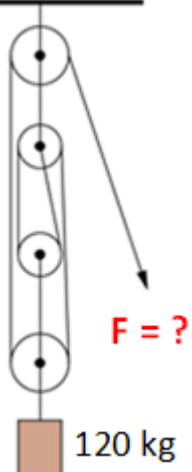
bez kladky	pomocí <b>pevné kladky</b>	pomocí <b>volné kladky</b>	<b>kladkostrojem</b>	
$F = 500 \text{ N}$ 				
<b>SÍLA</b> působící na volný konec lana má:				
500 N	stejná 500 N	<b>poloviční</b> <b>250 N</b>	<b>poloviční</b> <b>250 N</b>	<b>4 krát menší</b> <b>125 N</b>
nahoru	<b>dolů</b>	nahoru	<b>dolů</b>	<b>dolů</b>

## 29\_Kladky – příklady

(a,b - ukázkové příklady, nepiš)

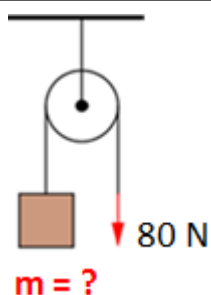
### a) výpočet síly

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

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

## b) výpočet hmotnosti

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

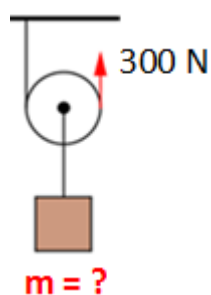


$$F = 80 \text{ N}$$

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

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

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



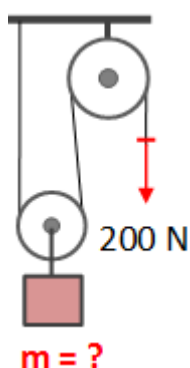
$$F = 300 \text{ N}$$

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

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

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

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

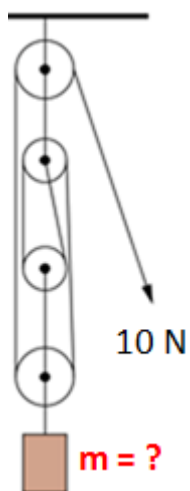


**kladkostroj s 1 volnou kladkou**

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

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

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

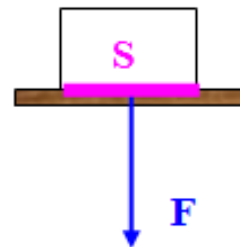
$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{40}{10} = 4 \text{ kg}$$

<b>Dú:</b>	urči typ kladky a vypočti sílu			urči typ kladky a vypočti hmotnost		
typ						
<b>m</b>	30 kg	3 · 20 kg	200 kg			
<b>F</b>				80 N	200 N	30 N

<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	8 kg	40 kg	6 kg
<b>F</b>	150 N	300 N	500 N	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



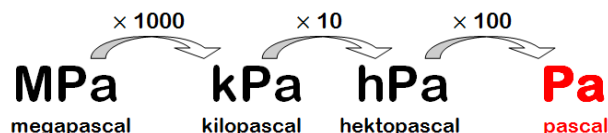
### Tlak

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 2krát ↑	10 m <sup>2</sup>	120 Pa 2krát ↑
600 N	1 m <sup>2</sup>	600 Pa
600 N	10 m <sup>2</sup> 10krát ↑	60 Pa 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.

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

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

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

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

---

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

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

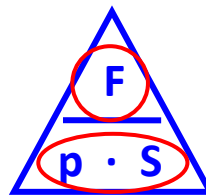
Stojí-li člověk na jedné noze, je tlak na podložku  $56 \text{ kPa}$ .

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>.

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

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

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

$$F = p \cdot S$$

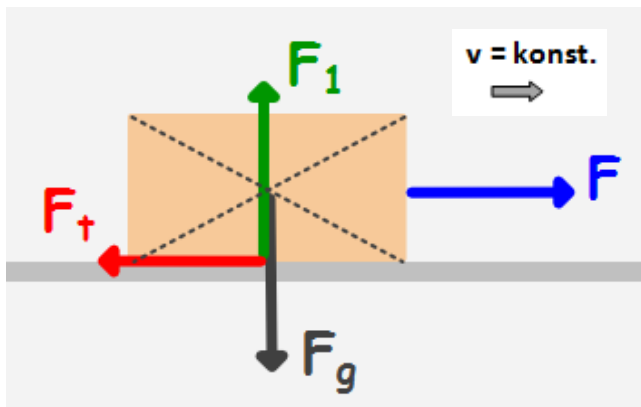
$$F = 1200 \cdot 2,5 = 3000 \text{ N}$$

Na lodní plachtu působí tlaková síla 3 000 N.

## 33\_Třecí síla

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

**Třecí síla**

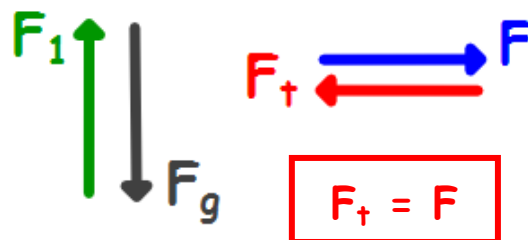


$F_g$  gravitační síla

$F_1$  síla podložky

$F$  tahová síla

$F_t$  třecí síla



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

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

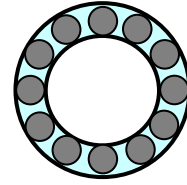
je-li  $F_t < F$  rychlost se **zvětšuje**

**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 ⇒ větší tření
- nezávisí na obsahu styčných ploch
- **při valivém pohybu je menší**



## 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 (hladší)
- mazáním
- užitím ložisek