

## 1.2.7 Sbíрка příkladů - vozíčky

### Předpoklady: 1206

Při řešení vozíčků určujeme dvě veličiny:

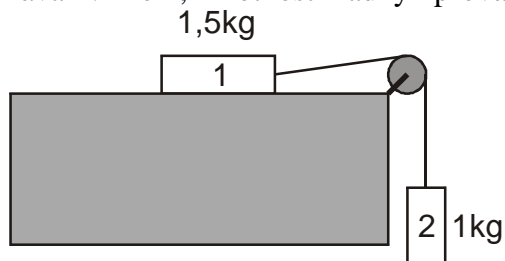
- zrychlení soustavy,
- síly, kterými provázky působí na jednotlivé předměty.

Zrychlení soustavy určíme pomocí 2. NZ ze vzorce  $a = \frac{F}{m}$ , kde  $F$  je výsledná efektivní vnější síla působící na soustavu a  $m$  je součet hmotnosti všech předmětů. Do výsledné síly započítáváme všechny vnější síly (tedy ne síly, kterými působí provázky na předměty, nebo síly, kterými působí předměty na provázky. Ke všem těmto silám existují partnerské síly, které působí na stejnou soustavu a vynulují je), které se snaží uvést soustavu do pohybu. Znaménko volíme podle směru, ve kterém se síla snaží soustavu rozpohybovat.

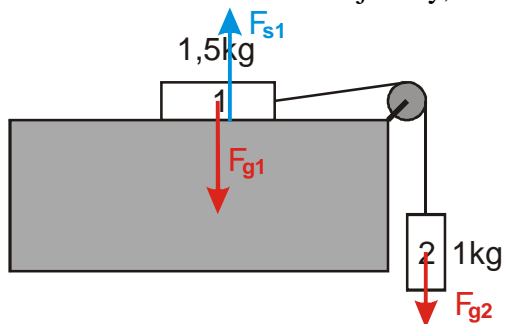
Při výpočtu síly provázku si nakreslíme konkrétní předmět a všechny působící síly. Využíváme toho, že známe zrychlení soustavy a tedy i velikosti výsledné síly  $F_v = ma$ . Způsob výpočtu však musíme zvolit vždy až podle konkrétní situace.

Nic dalšího vědět nepotřebujeme.

**Př. 1:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Jakou silou působí provázek na každé ze závaží? Tření, hmotnost kladky i provázku zanedbej.



Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.

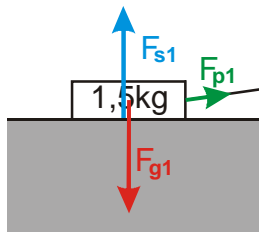


- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{s1}$  působí kolmo na provázek a navzájem se vyruší  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.

$\Rightarrow$  Jedinou silou, která způsobuje urychlování soustavy je síla  $F_{g2}$ .

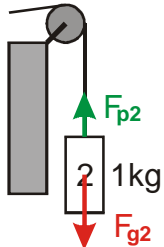
$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g2}}{m_1 + m_2} = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = \frac{1 \cdot 10}{1 + 1,5} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$$

**Výpočet sil  $F_{p1}$  a  $F_{p2}$**  (zkoumáme vždy pouze závaží, na které působí):



Síly  $F_{g1}$  a  $F_{s1}$  se navzájem vyruší  $\Rightarrow$  síla  $F_{p1}$  je rovna výslednici, která urychluje závaží 1  $\Rightarrow$

$$a = \frac{F_{p1}}{m_1} \Rightarrow F_{p1} = am_1 = 4 \cdot 1,5 \text{ N} = 6 \text{ N}$$



Síla  $F_{p2}$  působí proti síle  $F_{g2}$  a jejich rozdíl se rovná výslednici  $F_{v2}$ , která urychluje závaží 2  $\Rightarrow$  platí  $F_{v2} = F_{g2} - F_{p2} \Rightarrow F_{p2} = F_{g2} - F_{v2}$ .

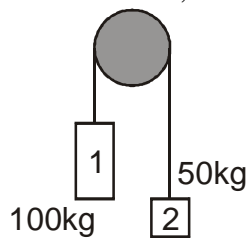
$$\text{Dosadíme: } a = \frac{F_{v2}}{m_2} \Rightarrow F_{v2} = am_2$$

$$F_{p2} = F_{g2} - F_{v2} = m_2g - m_2a = m_2(g - a) = 1(10 - 4) \text{ N} = 6 \text{ N}$$

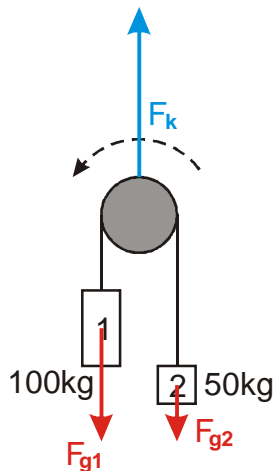
Síly  $F_{p1}$  a  $F_{p2}$  jsou stejně velké, prakticky jde o dvojici partnerských sil (akce a reakce z 3. Newtonova zákona), sílu  $F_{p1}$  můžeme považovat za sílu, kterou působí závaží 3 na závaží 1, sílu  $F_{p3}$  za sílu, kterou působí závaží 1 na závaží 3. Provázek pak můžeme považovat za zprostředkovatele vzájemného působení obou závaží.

Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $4 \text{ m/s}^2$ , provázek působí na obě závaží silami o stejné velikosti  $6 \text{ N}$ .

**Př. 2:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Jakou silou působí provázek na každé ze závaží? Tření, hmotnost kladky i provázku zanedbej.



Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.

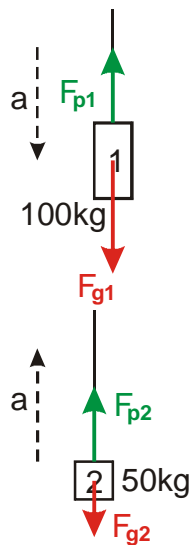


- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{g2}$  urychlují soustavu na opačné strany, síla  $F_{g1}$  je větší.

$\Rightarrow$  Urychlování soustavy způsobuje síla  $F_v = F_{g1} - F_{g2}$ .

$$a = \frac{F_v}{m} = \frac{F_{g1} - F_{g2}}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 g - m_2 g}{m_1 + m_2} = \frac{100 \cdot 10 - 50 \cdot 10}{100 + 50} \text{ m/s}^2 = 3,33 \text{ m/s}^2$$

**Výpočet sil  $F_{p1}$  a  $F_{p2}$**  (zkoumáme vždy pouze závaží, na které působí):



Síla  $F_{p1}$  působí proti síle  $F_{g1}$  a jejich rozdíl se rovná výslednici  $F_{v1}$ , která urychluje závaží 1 směrem dolů  $\Rightarrow$  platí  $F_{v1} = F_{g1} - F_{p1} \Rightarrow F_{p1} = F_{g1} - F_{v1}$ .

$$\text{Dosadíme: } a = \frac{F_{v1}}{m_1} \Rightarrow F_{v1} = am_1$$

$$F_{p1} = F_{g1} - F_{v1} = m_1 g - m_1 a = m_1 (g - a) = 100(10 - 3,33) \text{ N} = 667 \text{ N}$$

Síla  $F_{p2}$  působí proti síle  $F_{g2}$  a jejich rozdíl se rovná výslednici  $F_{v2}$ , která urychluje závaží 2 směrem nahoru  $\Rightarrow$  platí  $F_{v2} = F_{p2} - F_{g2} \Rightarrow$

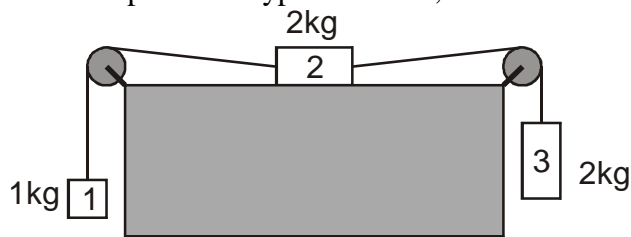
$$F_{p2} = F_{g2} + F_{v2}. \text{ Dosadíme: } a = \frac{F_{v2}}{m_2} \Rightarrow F_{v2} = am_2$$

$$F_{p2} = F_{g2} + F_{v2} = m_2 g + m_2 a = m_2 (g + a) = 50(10 + 3,33) \text{ N} = 667 \text{ N}$$

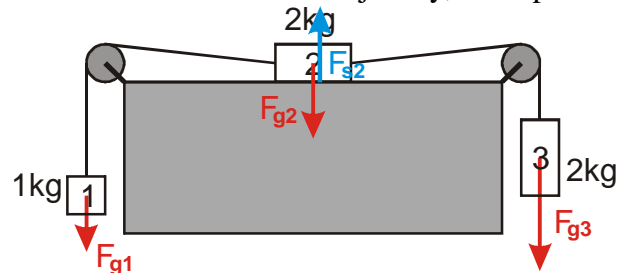
Síly  $F_{p1}$  a  $F_{p2}$  jsou stejně velké, prakticky jde o dvojici partnerských sil (akce a reakce z 3. Newtonova zákona), sílu  $F_{p1}$  můžeme považovat za sílu, kterou působí závaží 3 na závaží 1, sílu  $F_{p3}$  za sílu, kterou působí závaží 1 na závaží 3. Provázek pak můžeme považovat za zprostředkovatele vzájemného působení obou závaží.

Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $3,33 \text{ m/s}^2$ , provázek působí na obě závaží silami o stejné velikosti  $667 \text{ N}$ .

**Př. 3:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči síly, kterými působí provázek na závaží 1 a 3. Proč nejsou obě síly stejné? Jakými silami působí provázek na závaží 2? Ověř správnost výpočtu. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



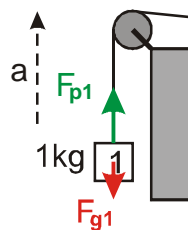
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



- Síly  $F_{g2}$  a  $F_{s2}$  se navzájem vyruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.
- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{g3}$  urychlují soustavu na opačné strany, síla  $F_{g3}$  je větší.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g3} - F_{g1}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{m_3 g - m_1 g}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{2 \cdot 10 - 1 \cdot 10}{1 + 2 + 2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

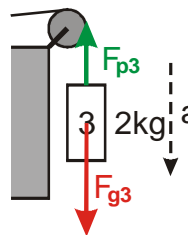
#### Výpočet síly $F_{p1}$



Síla  $F_{p1}$  působí proti síle  $F_{g1}$  a jejich rozdíl se rovná výslednici  $F_{v1}$ , která urychluje závaží 1.  $\Rightarrow$  Platí  $F_{v1} = F_{p1} - F_{g1}$  (závaží zrychluje směrem nahoru).

$$F_{p1} = F_{g1} + F_{v1} = m_1 g + m_1 a = m_1 (g + a) = 1(10 + 2) \text{ N} = 12 \text{ N}$$

#### Výpočet síly $F_{p3}$

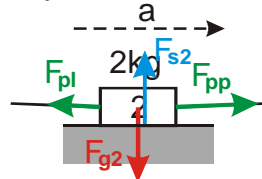


Závaží zrychluje směrem dolů  $\Rightarrow$  platí  $F_{v3} = F_{g3} - F_{p3}$ .

$$F_{p3} = F_{g3} - F_{v3} = m_3 g - m_3 a = m_3 (g - a) = 2(10 - 2) \text{ N} = 16 \text{ N}$$

Síly  $F_{p1}$  a  $F_{p3}$  nejsou stejně velké, protože nejde o dvojici partnerských sil, sílu  $F_{p1}$  můžeme považovat za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 1, sílu  $F_{p3}$  za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 3.

#### Síly na závaží 2



Platí:  $F_{pl} = F_{p1} = 12 \text{ N}$ ,  $F_{pp} = F_{p3} = 16 \text{ N}$ .

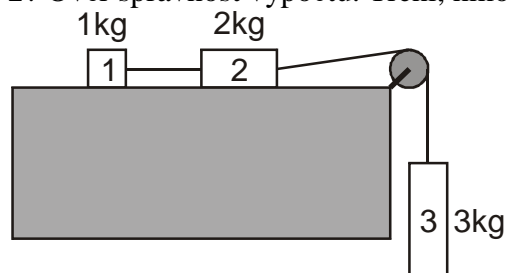
Závaží zrychluje doprava  $\Rightarrow$  platí:  $F_{v2} = m_2 a = F_{p3} - F_{p1}$ .

Dosadíme:  $2 \cdot 2 = 16 - 12$

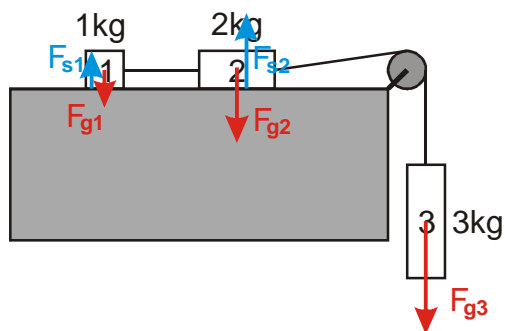
$4 = 4 \Rightarrow$  zkouška vyšla.

Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $2 \text{ m/s}^2$ , provázek působí na závaží 1 silou  $12 \text{ N}$ , na závaží 3 silou  $16 \text{ N}$ .

**Př. 4:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči síly, kterými působí provázek na závaží 1 a 3. Proč nejsou obě síly stejné? Jakými silami působí provázek na závaží 2? Ověř správnost výpočtu. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



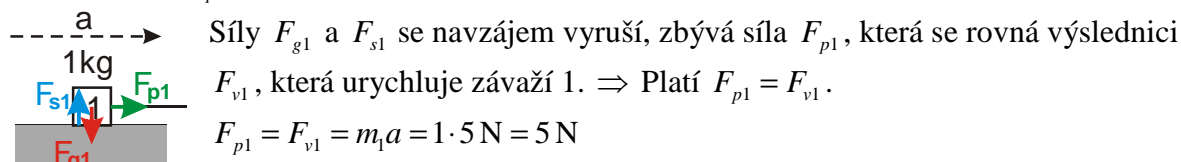
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



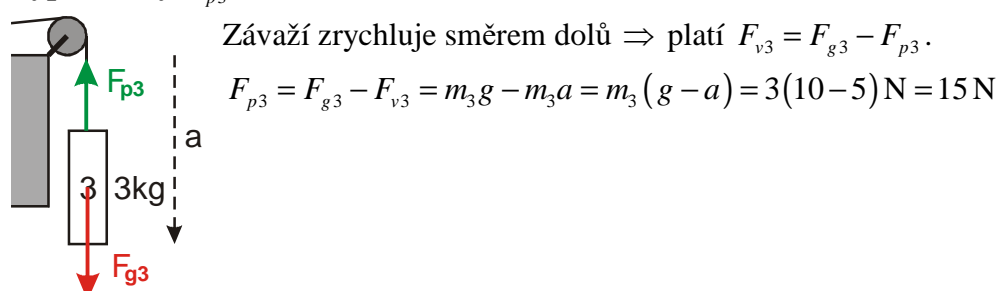
- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{s1}$  se navzájem vyruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují zrychlování soustavy.
- Síly  $F_{g2}$  a  $F_{s2}$  se navzájem vyruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují zrychlování soustavy.
- Zrychlování soustavy ovlivňuje pouze síla  $F_{g3}$ .

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g3}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{m_3 g}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{3 \cdot 10}{3 + 2 + 1} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

#### Výpočet síly $F_{p1}$

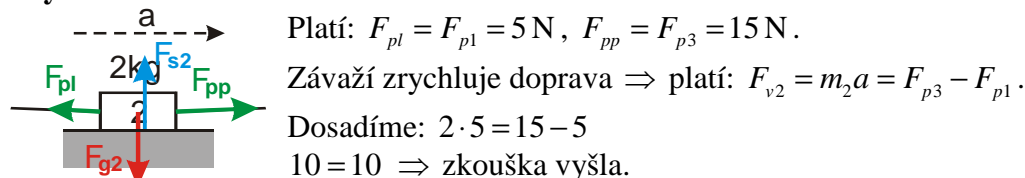


#### Výpočet síly $F_{p3}$



Síly  $F_{p1}$  a  $F_{p3}$  nejsou stejně velké, protože nejde o dvojici partnerských sil, sílu  $F_{p1}$  můžeme považovat za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 1, sílu  $F_{p3}$  za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 3.

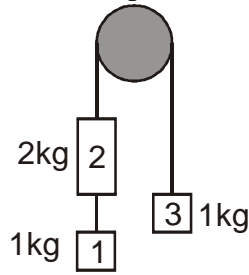
#### Síly na závaží 2



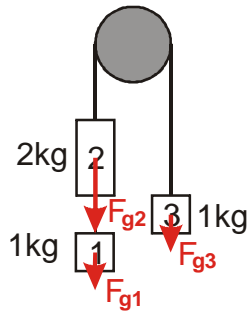
Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $5 \text{ m/s}^2$ , provázek působí na závaží 1 silou  $5 \text{ N}$ , na závaží 3 silou  $15 \text{ N}$ .

**Př. 5:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči síly, kterými působí provázek na závaží 1 a 3. Proč nejsou obě síly stejné? Jakými silami působí provázek na závaží

2? Ověř správnost výpočtu. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



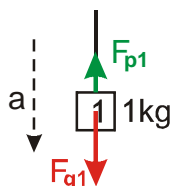
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{g2}$  se snaží přetáhnout provázek na levou stranu.
- Síla  $F_{g3}$  se snaží přetáhnout provázek na pravou stranu.
- Součet sil  $F_{g1}$  a  $F_{g2}$  je větší než síla  $F_{g3}$   $\Rightarrow$  provázek se začne přetahovat doleva.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g1} + F_{g2} - F_{g3}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{m_1 g + m_2 g - m_3 g}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{1 \cdot 10 + 2 \cdot 10 - 1 \cdot 10}{1 + 2 + 1} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

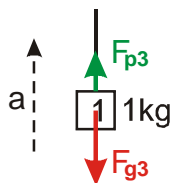
**Výpočet síly  $F_{p1}$**



Závaží zrychluje směrem dolů  $\Rightarrow$  platí  $F_{v1} = F_{g1} - F_{p1}$ .

$$F_{p1} = F_{g1} - F_{v1} = m_1 g - m_1 a = m_1 (g - a) = 1(10 - 5) \text{ N} = 5 \text{ N}$$

**Výpočet síly  $F_{p3}$**

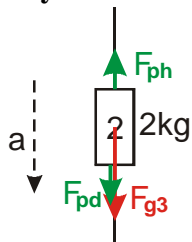


Závaží zrychluje směrem nahoru  $\Rightarrow$  platí  $F_{v3} = F_{p3} - F_{g3}$ .

$$F_{p3} = F_{g3} + F_{v3} = m_3 g + m_3 a = m_3 (g + a) = 1(10 + 5) \text{ N} = 15 \text{ N}$$

Síly  $F_{p1}$  a  $F_{p3}$  nejsou stejně velké, protože nejde o dvojici partnerských sil, sílu  $F_{p1}$  můžeme považovat za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 1, sílu  $F_{p3}$  za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 3.

**Síly na závaží 2**



Platí:  $F_{pd} = F_{p1} = 5 \text{ N}$ ,  $F_{ph} = F_{p3} = 15 \text{ N}$ .

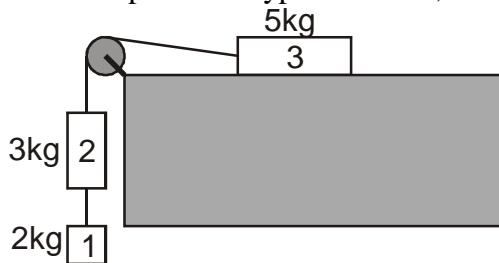
Závaží zrychluje dolů  $\Rightarrow$  platí:  $F_{v2} = F_{g2} + F_{p1} - F_{p3}$ .

$$\text{Dosadíme: } 2 \cdot 5 = 20 + 5 - 15$$

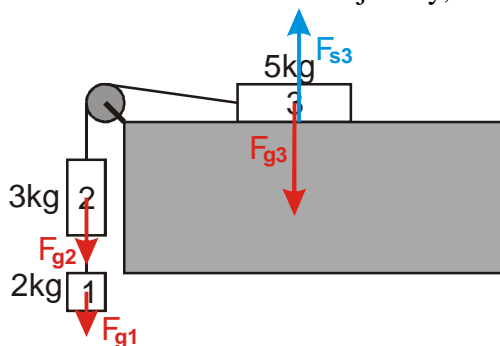
$$10 = 10 \Rightarrow \text{zkouška vyšla.}$$

Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $5 \text{ m/s}^2$ , provázek působí na závaží 1 silou  $5 \text{ N}$ , na závaží 3 silou  $15 \text{ N}$ .

**Př. 6:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči síly, kterými působí provázek na závaží 1 a 3. Proč nejsou obě síly stejné? Jakými silami působí provázek na závaží 2? Ověř správnost výpočtu. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



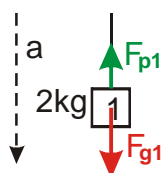
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{g2}$  se snaží přetáhnout provázek na levou stranu.
- Síly  $F_{g3}$  a  $F_{s3}$  se navzájem vyruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g1} + F_{g2}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{m_1 g + m_2 g}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{2 \cdot 10 + 3 \cdot 10}{2 + 3 + 5} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

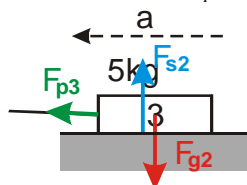
**Výpočet síly  $F_{p1}$**



Závaží zrychluje směrem dolů  $\Rightarrow$  platí  $F_{v1} = F_{g1} - F_{p1}$ .

$$F_{p1} = F_{g1} - F_{v1} = m_1 g - m_1 a = m_1 (g - a) = 2(10 - 5) \text{ N} = 10 \text{ N}$$

**Výpočet síly  $F_{p3}$**

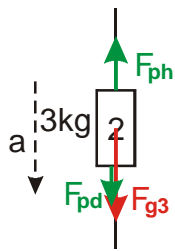


Závaží zrychluje doleva  $\Rightarrow$  platí  $F_{v3} = F_{p3}$ .

$$F_{p3} = F_{v3} = m_3 a = 5 \cdot 5 \text{ N} = 25 \text{ N}$$

Síly  $F_{p1}$  a  $F_{p3}$  nejsou stejně velké, protože nejde o dvojici partnerských sil, sílu  $F_{p1}$  můžeme považovat za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 1, sílu  $F_{p3}$  za sílu, kterou působí závaží 2 na závaží 3.

**Síly na závaží 2**



Platí:  $F_{pd} = F_{p1} = 10\text{ N}$ ,  $F_{ph} = F_{p3} = 25\text{ N}$ .

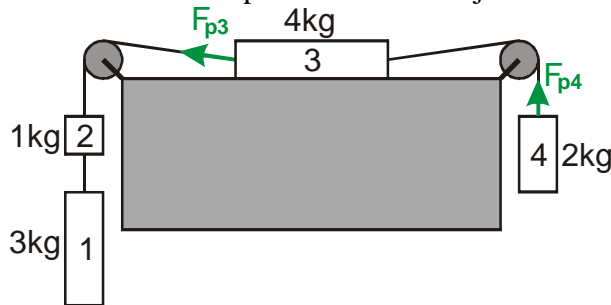
Závaží zrychluje dolů  $\Rightarrow$  platí:  $F_{v2} = F_{g2} + F_{p1} - F_{p3}$ .

Dosadíme:  $3 \cdot 5 = 30 + 10 - 25$

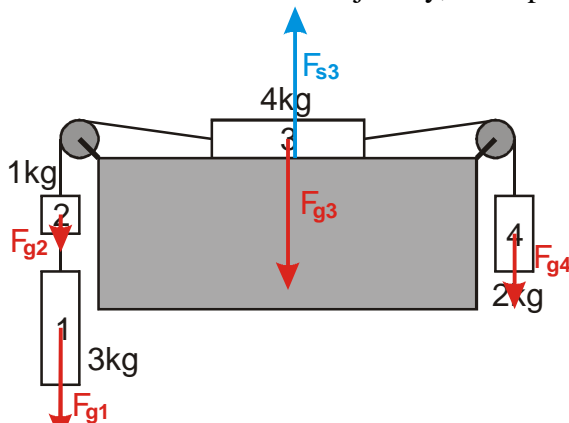
$10 = 10 \Rightarrow$  zkouška vyšla.

Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $5\text{ m/s}^2$ , provázek působí na závaží 1 silou  $10\text{ N}$ , na závaží 3 silou  $25\text{ N}$ .

**Př. 7:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči vyznačené síly provázku. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



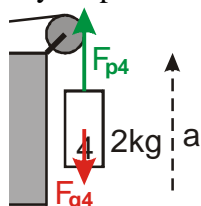
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



- Síly  $F_{g1}$  a  $F_{g2}$  se snaží přetáhnout provázek na levou stranu.
- Síly  $F_{g3}$  a  $F_{s3}$  se navzájem vyruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.
- Síla  $F_{g4}$  se snaží přetáhnout provázek na pravou stranu.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g1} + F_{g2} - F_{g4}}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} = \frac{m_1 g + m_2 g - m_4 g}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} = \frac{3 \cdot 10 + 1 \cdot 10 - 2 \cdot 10}{3 + 1 + 4 + 2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

**Výpočet síly  $F_{p4}$**  (výpočet síly  $F_{p3}$  musíme provést později, protože na závaží 3 působí dvě síly od provázku a neznáme zatím ani jedinou):

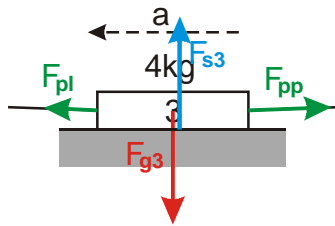


Závaží zrychluje směrem nahoru  $\Rightarrow$  platí  $F_{v4} = F_{p4} - F_{g4}$ .

$$F_{p4} = F_{g4} + F_{v4} = m_4 g + m_4 a = m_4 (g + a) = 2(10 + 2)\text{ N} = 24\text{ N}$$



**Výpočet síly  $F_{p3}$ :**



Platí:  $F_{pp} = F_{p4} = 24 \text{ N}$ .

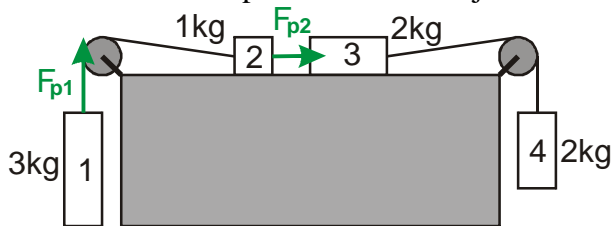
Závaží zrychluje doprava  $\Rightarrow$  platí:  $F_{v3} = F_{p3} - F_{p4}$ .

$$F_{p3} = F_{v3} + F_{p4} = m_3 a + F_{p4} = 4 \cdot 2 + 24 \text{ N} = 32 \text{ N}$$

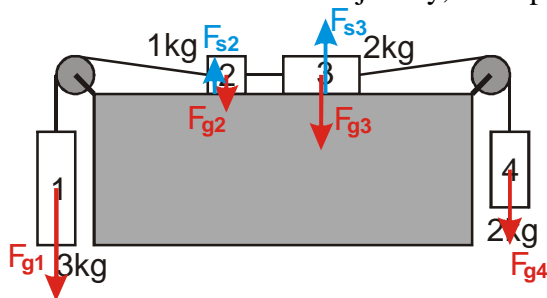
Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $2 \text{ m/s}^2$ . Pro zakreslené síly platí:

$$F_{p4} = 24 \text{ N}, F_{p3} = 32 \text{ N}.$$

**Př. 8:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči vyznačené síly provázku. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



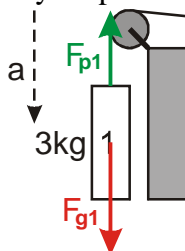
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



- Síla  $F_{g1}$  se snaží přetáhnout provázek na levou stranu.
- Síly  $F_{g2}$  a  $F_{s2}$  se navzájem vruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.
- Síly  $F_{g3}$  a  $F_{s3}$  se navzájem vruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.
- Síla  $F_{g4}$  se snaží přetáhnout provázek na pravou stranu.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g1} - F_{g4}}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} = \frac{m_1 g - m_4 g}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} = \frac{3 \cdot 10 - 2 \cdot 10}{3 + 1 + 2 + 2} \text{ m/s}^2 = 1,25 \text{ m/s}^2$$

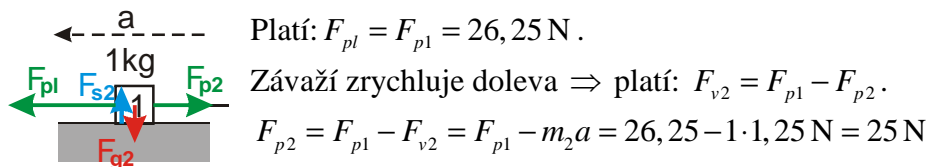
**Výpočet síly  $F_{p1}$**  (výpočet síly  $F_{p2}$  musíme provést později, protože na závaží 2 působí dvě síly od provázku a neznáme zatím ani jedinou):



Závaží zrychluje směrem dolů  $\Rightarrow$  platí  $F_{v1} = F_{g1} - F_{p1}$ .

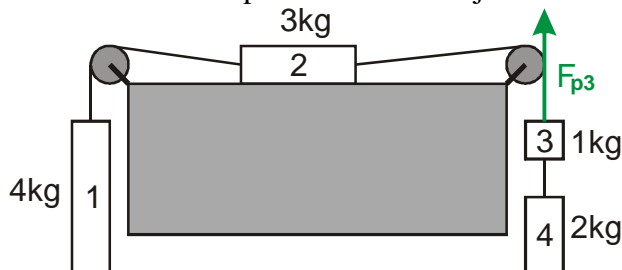
$$F_{p1} = F_{g1} - F_{v1} = m_1 g - m_1 a = m_1 (g - a) = 3(10 - 1,25) \text{ N} = 26,25 \text{ N}$$

**Výpočet síly  $F_{p3}$ :**

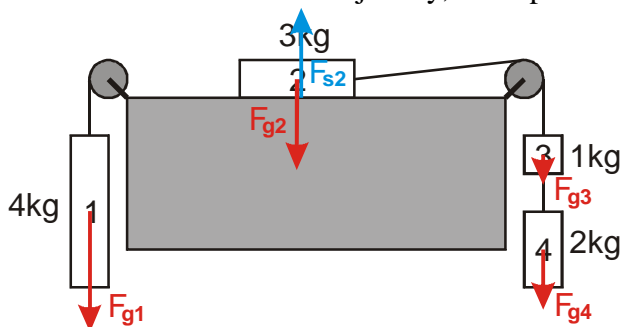


Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $1,25 \text{ m/s}^2$ . Pro zakreslené síly platí:  
 $F_{p1} = 26,25 \text{ N}$ ,  $F_{p2} = 25 \text{ N}$ .

**Př. 9:** Urči zrychlení soustavy závaží na obrázku. Urči vyznačenou sílu provázku. Tření, hmotnost kladek i provázku zanedbej.



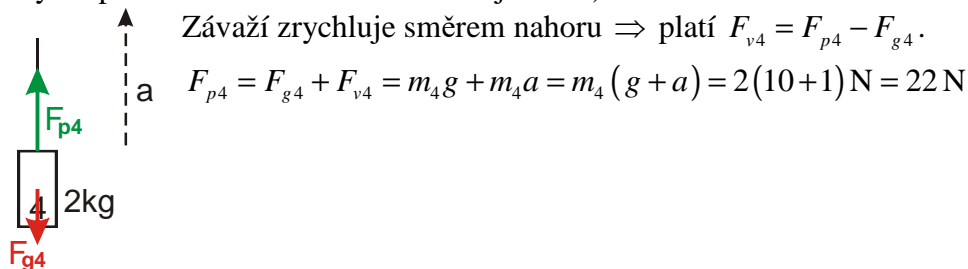
Nakreslíme do obrázku vnější síly, které působí na jednotlivá závaží.



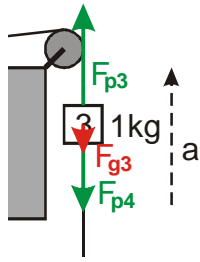
- Síla  $F_{g1}$  se snaží přetáhnout provázek na levou stranu.
- Síly  $F_{g2}$  a  $F_{s2}$  se navzájem vyruší (navíc jsou kolmé na směr zrychlování)  $\Rightarrow$  neovlivňují urychlování soustavy.
- Síly  $F_{g3}$  a  $F_{g4}$  se snaží přetáhnout provázek na pravou stranu.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{F_{g1} - F_{g3} - F_{g4}}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} = \frac{m_1 g - m_3 g - m_4 g}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} = \frac{4 \cdot 10 - 1 \cdot 10 - 2 \cdot 10}{4 + 3 + 1 + 2} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$$

**Výpočet síly  $F_{p4}$**  (výpočet síly  $F_{p3}$  musíme provést později, protože na závaží 3 působí dvě síly od provázku a neznáme zatím ani jedinou):



**Výpočet síly  $F_{p3}$ :**



Závaží zrychluje směrem nahoru  $\Rightarrow$  platí:  $F_{v3} = F_{p3} - F_{p4} - F_{g3}$

$$F_{p3} = F_{p4} + F_{v3} + F_{g3} = F_{p4} + m_3 a + m_3 g = 22 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 10 \text{ N} = 33 \text{ N}$$

Soustava závaží na obrázku zrychluje se zrychlením  $1 \text{ m/s}^2$ . Síla  $F_{p3}$  má velikost  $33 \text{ N}$ .

**Dodatek:** Sílu  $F_{p3}$  můžeme určit rychleji, když "spojíme" závaží 3 a 4 dohromady. Pro

spojené závaží platí:  $F_{v34} = F_{p3} - F_{g34} \Rightarrow$

$$F_{p3} = F_{v34} + F_{g34} = (m_3 + m_4) a + (m_3 + m_4) g = (m_3 + m_4)(a + g)$$

$$F_{p3} = (1 + 2)(1 + 10) \text{ N} = 33 \text{ N}$$

Stejný výsledek jako z klasického řešení.

**Shrnutí:**