

7. Dynamika

- 7.1 Určete velikost brzdící síly automobilu o hmotnosti 1200 kg, jestliže
- a) zastavoval se stálým zrychlením o velikosti $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$,
 - b) zastavil rovnoměrně zpomaleným pohybem z rychlosti o velikosti $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ za čas 8 s,
 - c) zastavil rovnoměrně zpomaleným pohybem z rychlosti o velikosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na dráze 150 m.
- 7.2 Přes kladku je vedeno lanko a na jeho koncích visí dvě stejná závaží, každé o hmotnosti $m = 350 \text{ g}$. Na jedno závaží zavěsíme přívazek o hmotnosti $m_0 = 100 \text{ g}$. Třecí sílu a hmotnost kladky a vlákna zanedbejte.
- a) Určete velikost zrychlení soustavy.
 - b) Určete velikost síly, kterou je napínáno lanko před zavěšením přívazku.
 - * c) Určete velikost síly, kterou je napínáno lanko během pohybu po zavěšení přívazku.
- 7.3 Vlak o hmotnosti 180 t se pohyboval stálou rychlostí $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a během 15 s snížil rychlost na $54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Určete velikost brzdící síly pomocí a) zrychlení, b) časové změny hybnosti.
- 7.4 Tenisový míček o hmotnosti 55 g dopadl kolmo na stěnu rychlostí o velikosti $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a odrazil se rychlostí o velikosti $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- a) Určete velikost hybnosti míčku před odrazem a velikost hybnosti po odrazu.
 - b) Určete změnu velikosti hybnosti míčku během odrazu.
 - c) Určete velikost změny hybnosti míčku během odrazu.
 - d) Určete průměrnou velikost síly působící na míček, trval-li náraz po dobu 0,005 s.
- 7.5 Partner o hmotnosti $m_1 = 72 \text{ kg}$ a partnerka o hmotnosti $m_2 = 48 \text{ kg}$ tvoří krasobruslařský pár. Pár je v klidu a partner partnerku odstrčí tak, že partnerka získá rychlost o velikosti $v_2 = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete velikost a směr rychlosti partnera. Předpokládáme, že pár tvoří izolovanou soustavu, tedy veškeré silové působení se uskutečňuje pouze mezi krasobruslaři.
- 7.6 Partner o hmotnosti $m_1 = 72 \text{ kg}$ a partnerka o hmotnosti $m_2 = 48 \text{ kg}$ tvoří krasobruslařský pár. Pár se pohybuje společně rychlostí $v = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Partner partnerku odstrčí tak, že partnerka získá rychlost o velikosti $v_1 = 6,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete velikost a směr rychlosti partnera. Předpokládáme, že pár tvoří izolovanou soustavu, tedy veškeré silové působení se uskutečňuje pouze mezi krasobruslaři.
- 7.7 Partner o hmotnosti $m_1 = 72 \text{ kg}$ a partnerka o hmotnosti $m_2 = 48 \text{ kg}$ tvoří krasobruslařský pár. Pár se pohybuje společně rychlostí $v = 1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Partner partnerku odstrčí tak, že partner se zastaví. Určete velikost a směr rychlosti partnerky. Předpokládáme, že pár tvoří izolovanou soustavu, tedy veškeré silové působení se uskutečňuje pouze mezi krasobruslaři.
- 7.8 Vagón o hmotnosti $m_1 = 20 \text{ t}$ se po vodorovných kolejích pohyboval rychlostí o velikosti $v_1 = 1,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a narazil do vagónu o hmotnosti $m_2 = 40 \text{ t}$, který a) byl v klidu, b) se pohyboval ve stejném směru rychlostí o velikosti $v_2 = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, c) se pohyboval v opačném směru rychlostí o velikosti $v_2 = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Po nárazu se vždy vagóny automaticky spojily. Určete velikost a směr rychlosti soupravy spojených vagónů.
- 7.9* Dva hokejisté si po ledě posílali kabelu s výstrojí o hmotnosti $m_1 = 5,0 \text{ kg}$ rychlostí o velikosti $v_1 = 2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V kolmém směru přiletěl vystřelený puk o hmotnosti $m_2 = 0,30 \text{ kg}$ rychlostí o velikosti $v_2 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, kabelu zasáhl a zůstal v ní. Určete velikost a směr rychlosti kabely s pukem bezprostředně po zásahu.

- 7.10 Bednu o hmotnosti 50 kg roztláčujeme po vodorovné podlaze nejprve se stálým zrychlením o velikosti $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, poté ji udržujeme v rovnoměrném pohybu a nakonec bednu uvolníme. Součinitel smykového tření mezi bednou a podlahou je 0,25. Určete a) velikost působící síly při rovnoměrném pohybu, b) velikost působící síly při zrychleném pohybu, c) velikost zrychlení bedny při zastavování.
- 7.11 Kvádr o hmotnosti 2,00 kg položíme na nakloněnou rovinu se sklonem 33° . Součinitel smykového tření mezi kvádrem a nakloněnou rovinou je 0,30. Určete a) velikosti složek tíhové síly ve směru nakloněné roviny a ve směru kolmém k nakloněné rovině, b) velikost třecí síly, c) velikost zrychlení, s nímž se bude bedna pohybovat dolů, d) velikost síly, kterou musíme kvádr tlačit ve směru nakloněné roviny nahoru, aby se pohyboval rovnoměrně, e) minimální součinitel smykového tření při sklonu 33° , aby se kvádr nerozjel, f) maximální úhel sklonu nakloněné roviny při součiniteli smykového tření 0,30, aby se kvádr nerozjel.
- 7.12 Buben odstředivky má vnitřní průměr 36 cm a otáčí se s frekvencí 800 ot/min. Určete a) velikost síly, kterou působí plášť bubnu na košili, která má v daném okamžiku hmotnost 400 g, b) poměr velikostí této síly a tíhové síly působící na košili.
- 7.13 Výtah se rozjíždí rovnoměrně zrychleným pohybem, poté se pohybuje rovnoměrně a nakonec zastavuje rovnoměrně zpomaleným pohybem. Zrychlení na zrychleném nebo zpomaleném úseku má vždy velikost $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Tíhové zrychlení je $10 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Určete v jednotlivých fázích pohybu velikost síly, kterou člověk o hmotnosti 60 kg působí na podlahu kabiny výtahu. Rozlište případy, kdy výtah jede nahoru a kdy jede dolů.
- 7.14 Pilot Formule 1 o hmotnosti 76 kg se rozjíždí přímočarým rovnoměrně zrychleným pohybem se zrychlením o velikosti $7,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Velikost tíhového zrychlení je $9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Určete a) velikost setrvačné síly působící na pilota, b) velikost a směr síly, kterou působí pilot na sedačku.
- 7.15 Vlak projíždí zatáčkou tvaru kruhového oblouku o poloměru 260 m rychlostí o stálé velikosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Ve vlaku sedí cestující o hmotnosti 75 kg a tělem se dotýká stěny vagónu vzdálenější od středu oblouku. Určete a) velikost síly, kterou působí v soustavě spojené s vagónem cestující na stěnu vagónu, b) maximální velikost rychlosti, kterou se může vlak pohybovat, aby velikost setrvačné odstředivé síly nepřekročila 20% velikosti jeho tíhové síly.
- 7.16 Automobil jedoucí po přímé vodorovné silnici rovnoměrným pohybem začne prudce brzdit se zrychlením o velikosti $a = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Popište pohybový stav připoutaného a nepřipoutaného cestujícího o hmotnosti $m = 70 \text{ kg}$
- z hlediska inerciální vztažné soustavy (IVS) spojené s vozovkou,
 - z hlediska neinerciální vztažné soustavy (NVS) spojené s automobilem.
- 7.17 Dívka sedící na sedačce kolotoče se pohybuje rovnoměrně po kružnici, v jednom okamžiku přestane držet kabelku. Popište pohybový stav kabelky před uvolněním a po uvolnění
- z hlediska inerciální vztažné soustavy (IVS) spojené s okolím kolotoče,
 - z hlediska neinerciální vztažné soustavy (NVS) spojené s rotujícím kolotočem.

7.1 a) $F = ma = 2400 \text{ N}$

b) $F = \frac{mv}{t} = 3000 \text{ N}$

c) $F = \frac{mv^2}{2s} = 2500 \text{ N}$

7.2 a) $a = \frac{m_0}{2m + m_0} g = \frac{1}{8} g = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

b) $F = mg = 3,43 \text{ N}$

c) $F' = mg + ma = \frac{2(m + m_0)}{2m + m_0} mg = \frac{9}{8} mg = 3,9 \text{ N}$ nebo $F' = (m + m_0)g - ma = \frac{2(m + m_0)}{2m + m_0} mg$

7.3 a) $F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = 60 \text{ kN}$

b) $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = 60 \text{ kN}$

7.4 a) $p_1 = mv_1 = 0,99 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $p_2 = mv_2 = 0,66 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

b) $\Delta p = |p_2 - p_1| = p_1 - p_2 = m(v_1 - v_2) = 0,33 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

c) $\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$, $|\Delta \vec{p}| = |\vec{p}_2 - \vec{p}_1| = |\vec{p}_2 + (-\vec{p}_1)| = 1,65 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

d) $F = \frac{|\Delta \vec{p}|}{\Delta t} = 330 \text{ N}$

7.5 $v_1 = \frac{m_2}{m_1} v_2 = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, směr opačný vzhledem k pohybu partnerky

7.6 $v_1 = \frac{(m_1 + m_2)v - m_2 v_2}{m_1} = 2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, původní směr pohybu

7.7 $v_2 = \frac{m_1 + m_2}{m_2} v = 3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, původní směr pohybu

7.8 a) $v = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1 = 0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, směr opačný vzhledem k pohybu prvního vagónu

b) $v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = 1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, směr pohybu prvního vagónu

c) $v_x = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = -0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, směr pohybu druhého vagónu

7.9 $v = \frac{\sqrt{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}}{m_1 + m_2} = 2,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{tg} \alpha = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} \Rightarrow \alpha = 25^\circ$

(kabela změnil směr pohybu o 25° , puk o 65°)

7.10 a) $F_2 = fmg = 125 \text{ N}$

b) $F_1 = fmg + ma = 200 \text{ N}$

c) $a = fg = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

7.11 a) $F_1 = mg \sin \alpha = 10,7 \text{ N}$, $F_2 = mg \cos \alpha = 16,5 \text{ N}$

b) $F_t = fmg \cos \alpha = 4,9 \text{ N}$

c) $a = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) = 2,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

d) $F = mg(\sin \alpha + f \cos \alpha) = 15,6 \text{ N}$

e) $f_{\min} = \text{tg} \alpha = 0,65$

f) $\text{tg} \alpha_{\max} = f \Rightarrow \alpha_{\max} = 17^\circ$

7.12 a) $F = 4\pi^2 m r f^2 = 570 \text{ N}$

b) $k = \frac{F_s}{F_G} = 130$

7.13 $F_1 = m(g + a) = 720 \text{ N}$ výtah zrychluje nahoru nebo zpomaluje dolů

$F_2 = mg = 600 \text{ N}$ výtah stoupá nebo klesá rovnoměrným pohybem

$F_3 = m(g - a) = 480 \text{ N}$ výtah zpomaluje nahoru nebo zrychluje dolů

7.14 a) $\vec{F}_s = -m\vec{a}$, $F_s = ma = 560 \text{ N}$

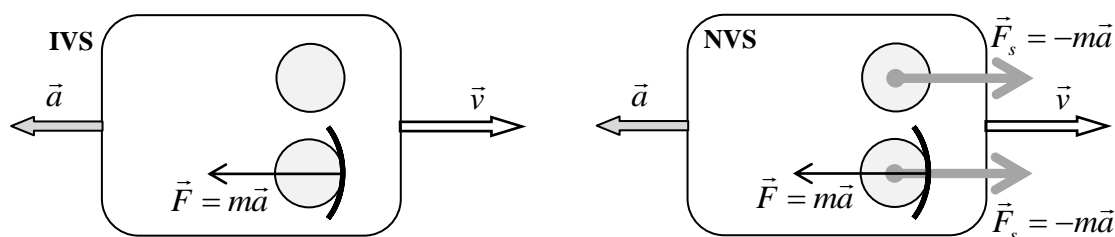
b) $F = m\sqrt{g^2 + a^2} = 930 \text{ N}$, $\text{tg } \alpha = \frac{a}{g} \Rightarrow \alpha = 37^\circ$ (odchylka od svislého směru)

7.15 a) $F_s = m \frac{v^2}{r} = 180 \text{ N}$

b) $v = \sqrt{0,2gr} = 81 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

7.16 a) Z hlediska IVS na nepřipoutaného cestujícího ve vodorovném směru žádná síla nepůsobí, proto se pohybuje stále rovnoměrně, přičemž kabina automobilu zpomaluje. Na připoutaného cestujícího působí bezpečnostní pásy silou $\vec{F} = m\vec{a}$, čímž se cestující pohybuje rovnoměrně zpomaleným pohybem se zrychlením \vec{a} společně s automobilem.

b) Z hlediska NVS se nepřipoutaný cestující uvádí do rovnoměrně zrychleného pohybu ve směru jízdy, tj. proti směru zrychlení automobilu. Jeho pohyb zdůvodníme existencí setrvačné síly $\vec{F}_s = -m\vec{a}$. Připoutaný cestující zůstává vzhledem k automobilu v klidu, přičemž napnuté pásy svědčí o síle $\vec{F} = m\vec{a}$, která na něj působí. Jeho klid vzhledem k automobilu opět zdůvodníme existencí setrvačné síly. Výslednice síly pásů a setrvačné síly je nulová, proto zůstává v klidu.



7.17 a) Z hlediska IVS na upevněnou kabelku působí ruka silou $\vec{F}_d = m\vec{a}_d$, která zakřivuje trajektorii kabelky do kružnice. V okamžiku uvolnění kabelky tato síla přestane působit a kabelka se podle zákona setrvačnosti bude pohybovat v tečném směru rovnoměrným přímočarým pohybem.

b) Z hlediska NVS působí na kabelku ruka dívky dostředivou silou $\vec{F}_d = m\vec{a}_d$. Kabelka je však vzhledem k dívce v klidu, proto podle zákona setrvačnosti musí na kabelku v opačném směru působit setrvačná odstředivá síla $\vec{F}_s = -m\vec{a}_d$, aby jejich výslednice byla nulová. V okamžiku uvolnění kabelky dostředivá síla pomine a setrvačná odstředivá síla udělkuje kabelce zrychlení od středu kolotoče.

