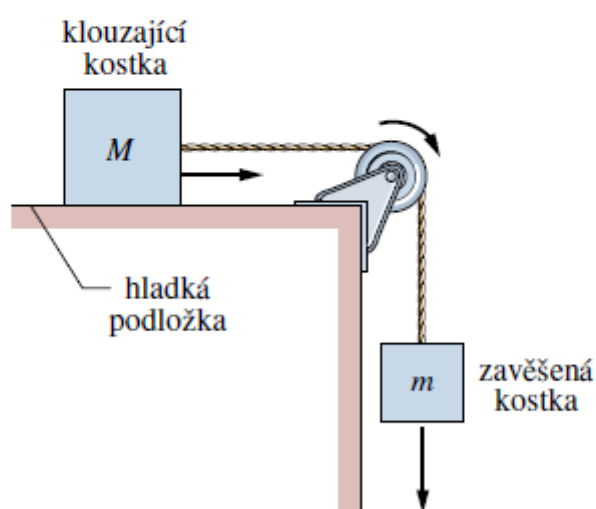


### PŘÍKLAD 5.5

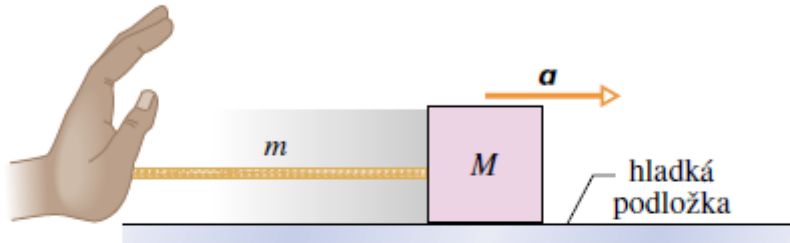
Obr. 5.15 znázorňuje kostku (*klouzající kostka*) o hmotnosti 3,3 kg. Kostka se může volně pohybovat po vodorovné dokonale hladké podložce, např. na vzduchové lavici. Kostka je připojena nehmotným vláknem vedeným přes nehmotnou kladku otáčející se bez tření k jiné kostce (*zavěšená kostka*), jejíž hmotnost je 2,1 kg. Zavěšená kostka klesá a klouzající kostka se pohybuje s určitým zrychlením vpravo. (a) Určete toto zrychlení. (b) Určete zrychlení zavěšené kostky a (c) sílu napínající vlákno.



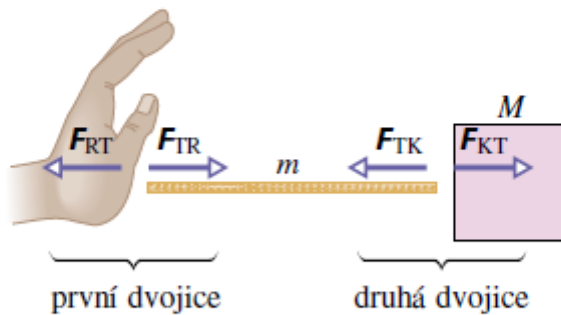
Obr. 5.15 Příklad 5.5. Kostka o hmotnosti  $M$  na vodorovné dokonale hladké podložce je spojena s kostkou o hmotnosti  $m$  vláknem vedeným přes kladku. Vláknem i kladka jsou nehmotné. Kladka se otáčí bez tření. Šipky vyznačují směr pohybu po uvolnění soustavy.

### PŘÍKLAD 5.6

Kostka o hmotnosti  $M = 33 \text{ kg}$  je tlačena po dokonale hladké podložce pomocí tyčky o hmotnosti  $m = 3,2 \text{ kg}$  (obr. 5.20a). Kostka, která je zpočátku v klidu, se pohybuje s konstantním zrychlením a během  $1,7 \text{ s}$  se posune do vzdálenosti  $d = 77 \text{ cm}$ .



(a)



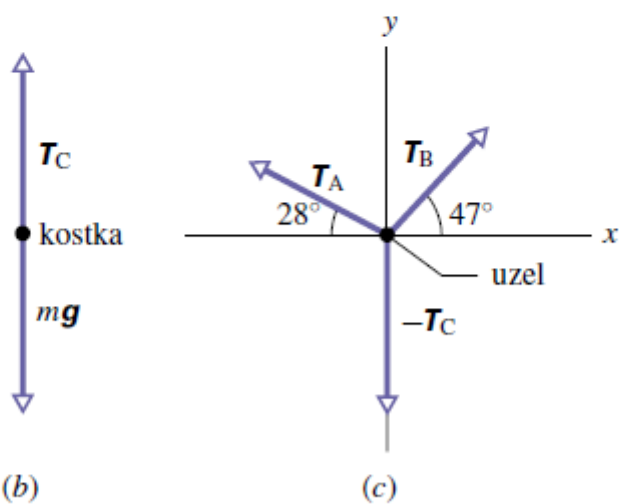
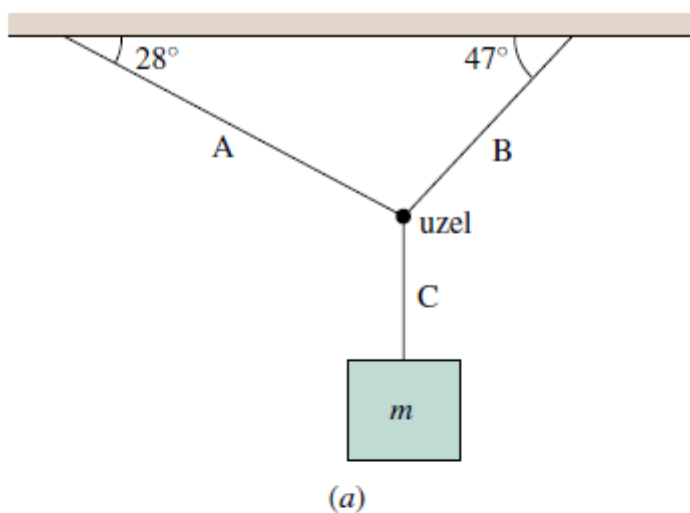
(b)

**Obr. 5.20** Příklad 5.6. (a) Tyčka o hmotnosti  $m$  tlačí kostku o hmotnosti  $M$  po dokonale hladké podložce. (b) Pohled na jednotlivé části soustavy ukazuje dvojice akce – reakce, tj. vzájemné působení ruky a tyčky (první dvojice) a tyčky a kostky (druhá dvojice).

- (a) Určete všechny dvojice akce – reakce působící ve vodorovném směru.
- (b) Jakou silou musí působit ruka na tyčku?
- (c) Jakou silou tlačí tyčka na kostku?
- (d) Jaká je výsledná síla působící na tyčku?

### PŘÍKLAD 5.7

Obr. 5.21 znázorňuje kostku o hmotnosti  $m = 15 \text{ kg}$  zavěšenou na třech vláknech. Jakými silami jsou vlákna napínána?



Obr. 5.21 Příklad 5.7. (a) Kostka o hmotnosti  $m$  je zavěšena na třech vláknech. (b) Silový diagram kostky. (c) Silový diagram uzlu, v němž jsou vlákna spojena.

### PŘÍKLAD 5.11

Pasažér o hmotnosti  $m = 72,2$  kg stojí na nášlapné váze v kabině výtahu (obr. 5.25). Jaký údaj ukazuje váha pro hodnoty zrychlení uvedené v obrázku?

**ŘEŠENÍ:** Zabývejme se touto úlohou z hlediska pozorovatele v (inerciální) vztažné soustavě spojené se Zemí. Pozorovatel aplikuje druhý Newtonův zákon na urychlujícího se pasažéra. Obr. 5.25a-c ukazují silové diagramy, v nichž je pasažér považován za částici, pro různé hodnoty velikosti zrychlení kabiny.

Bez ohledu na zrychlení kabiny působí Země na pasažéra tíhovou silou o velikosti  $mg$ , kde  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  je velikost tíhového zrychlení. Podlaha výtahu tlačí na váhu směrem vzhůru. Váha tlačí směrem vzhůru na pasažéra normálovou silou o velikosti  $N$ , která je shodná s údajem na stupnici váhy. Pasažér se domnívá, že váží tolik, kolik ukazuje váha. Tato veličina se často nazývá *zdánlivá váha*, přičemž název *tíhová síla* nebo jen *váha* je rezervován pro veličinu  $m\mathbf{g}$ .\*

Druhý Newtonův zákon dává

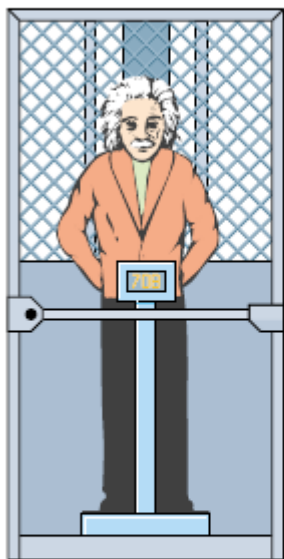
$$ma = N - mg,$$

tj.

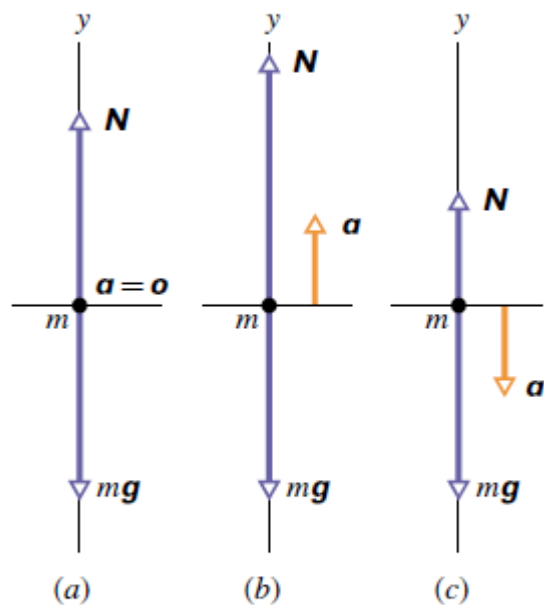
$$N = m(g + a). \quad (5.35)$$

- (a) Jaký je údaj na stupnici váhy, je-li kabina v klidu, nebo pohybuje-li se stálou rychlostí? (Obr. 5.25a.)
- (b) Jaký je údaj na stupnici, směřuje-li zrychlení kabiny vzhůru a jeho velikost je  $3,20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ? (Obr. 5.25b.)
- (c) Jaký je údaj na stupnici, směřuje-li zrychlení kabiny dolů a má-li velikost  $3,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ? (Obr. 5.25c.)

Pasažér tlačí na váhu menší silou než za klidu. Zdá se mu, že „zhubl“ o 23,6 kg (odpovídá 231 N)!



odečítání hmotnosti  
nebo zdánlivé hmotnosti



**Obr. 5.25** Příklad 5.11. Pasažér o hmotnosti  $m$  stojí ve výtahu na pružinové váze, která ukazuje jeho hmotnost nebo „zdánlivou“ hmotnost. Silové diagramy pro případy, kdy (a) zrychlení kabiny výtahu je nulové, (b)  $a = +3,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , (c)  $a = -3,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

9. Na obr. 5.29 je nehmotné lano vedeno přes kladku, která se může otáčet bez tření. Na laně visí opice a dívá se do zrcadla, které má stejnou hmotnost jako ona a je zavěšeno na druhém konci lana. Může opice „uniknout“ svému obrazu v zrcadle, jestliže (a) poleze po laně vzhůru, (b) poleze po laně dolů, (c) pustí lano? Zdůvodněte.



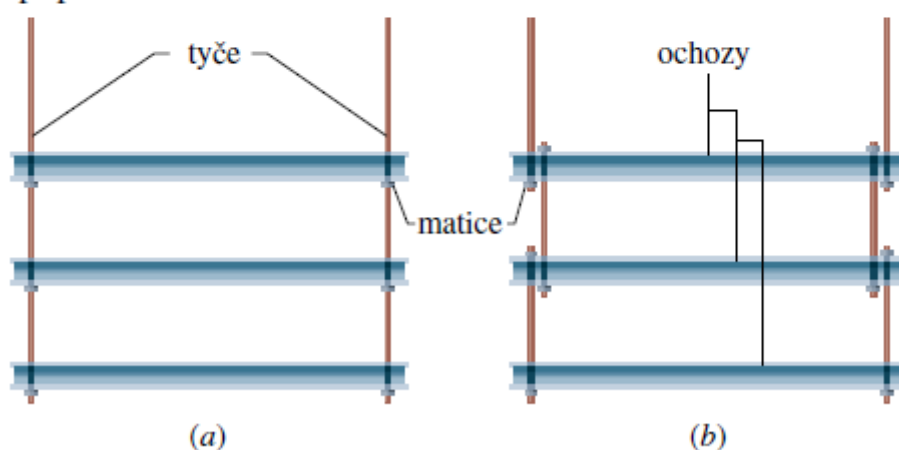
Obr. 5.29 Otázka 9

10. Je 17. července 1981, Kansas City: nově otevřená hala Hyatt Regency je plná lidí, kteří poslouchají oblíbené skladby 40. let a tančí při nich. Mnoho lidí se tísni na ochozech, které visí jako mosty nad širokým atriem. Najednou se dva ochozy utrhnou a spadnou na ty, kteří se baví dole...

Ochozy byly zavěšeny nad sebou na svislých tyčích a připevněny k nim pomocí šroubů s maticemi. V původním návrhu konstrukce měly být použity pouze dvě svislé tyče a ke každé

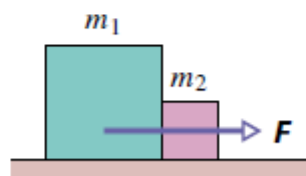
z nich měly být připevněny tři ochozy (obr. 5.30a). Tíhová síla působící na každý z ochozů i s lidmi měla průměrnou velikost  $G$ . Jaká by byla celková zátěž závitů a dvou šroubů s maticemi držících (a) nejnižší, (b) nejvyšší ochoz?

Předpokládejme, že šrouby nelze uchytit k tyčím jinak, než na jejich koncích. Je tedy třeba zvolit jiný typ konstrukce. Na rozdíl od původního provedení je nyní použito šesti tyčí a každá je spojena se dvěma ochozy (obr. 5.30b). Jaká je nyní celková zátěž závitů a dvou šroubů držících (c) nejnižší, (d) nejvyšší ochoz? Právě tato druhá konstrukce byla použita v popisovaném případě.



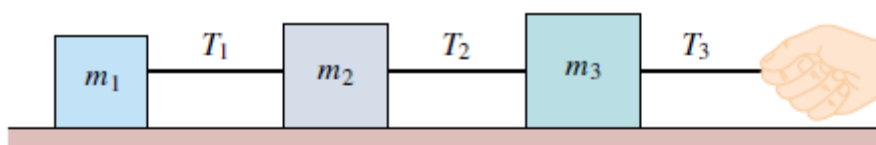
Obr. 5.30 Otázka 10

**40Ú.** Dvě kostky ležící na dokonale hladkém stole se dotýkají (obr. 5.45). (a) Určete síly, jimiž na sebe kostky navzájem působí, je-li  $m_1 = 2,3 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 1,2 \text{ kg}$  a  $F = 3,2 \text{ N}$ . (b) Předpokládejme, že síla o stejné velikosti  $F$  bude působit na kostku  $m_2$  v opačném směru. Ukažte, že velikost sil, jimiž na sebe nyní kostky působí, je  $2,1 \text{ N}$ , tj. je odlišná od výsledku úlohy (a). Zdůvodněte tento rozdíl.



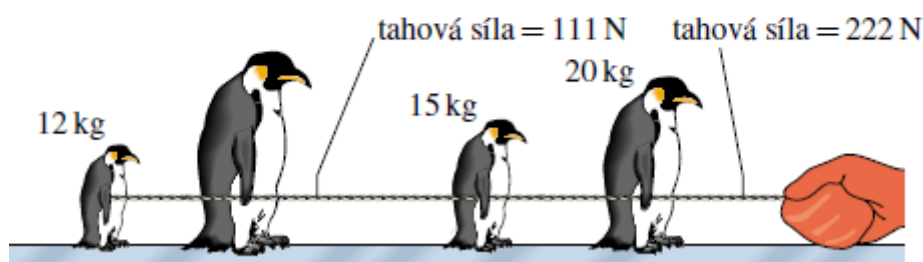
Obr. 5.45 Úloha 40

**48Ú.** Tři kostky spojené podle obr. 5.47 jsou taženy po dokonale hladké vodorovné podložce směrem vpravo. Tahová síla má velikost  $T_3 = 65 \text{ N}$ . Hmotnosti kostek jsou  $m_1 = 12,0 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 24,0 \text{ kg}$  a  $m_3 = 31,0 \text{ kg}$ . Vypočtěte (a) zrychlení soustavy, (b) velikosti tahových sil  $T_1$  a  $T_2$  vláken spojujících kostky.



Obr. 5.47 Úloha 48

**49Ú.** Na obr. 5.48 jsou čtyři hraví tučňáci, které jejich ošetřovatel táhne na laně po velmi kluzkém (dokonale hladkém) ledu. Hmotnosti tří tučňáků a velikosti tahných sil jednotlivých částí lana jsou dány. Určete hmotnost zbývajících tučňáka.



Obr. 5.48 Úloha 49