

# Výsledky

## Kapitola 1

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 3. (a) 186 mi; (b)  $3,0 \cdot 10^8$  mm.  
 5. (a)  $1 \cdot 10^0$ ; (b)  $1 \cdot 10^{-4}$ ; (c)  $9,1 \cdot 10^5$ . 7. 32,2 km.  
 9. 0,020 km<sup>3</sup>. 11. (a) 250 ft<sup>2</sup>; (b) 23,3 m<sup>2</sup>; (c) 3 060 ft<sup>3</sup>;  
 (d) 86,6 m<sup>3</sup>. 13. 844 km. 15. (a) 460 ft<sup>2</sup>/gal;  
 (b)  $1,13 \cdot 10^4 \text{ m}^{-1}$ ; (c)  $2,17 \cdot 10^{-3} \text{ gal}\cdot\text{ft}^{-2}$ . 17. (a)  $d_S/d_M =$   
 $= 400$ ; (b)  $V_S/V_M = 6,4 \cdot 10^7$ ; (c)  $3,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$ .  
 19. (a) 0,98 ft·ns<sup>-1</sup>; (b) 0,30 mm·ps<sup>-1</sup>. 21.  $3,156 \cdot 10^7 \text{ s}$   
 oproti  $3,142 \cdot 10^7 \text{ s}$ , rozdíl <  $\frac{1}{2} \%$ . 23.  $5,79 \cdot 10^{12} \text{ d}$  (dnů).  
 25. (a) 0,013; (b) 0,54; (c) 10,3; (d) 31 (vesměs m·s<sup>-1</sup>).  
 27. 15°; 1 450 km. 29. 3,3 ft. 31. O 2 dny 5 hodin; zahrnuje i pohyb Země kolem Slunce. 33. (a)  $2,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ;  
 (b)  $4,7 \cdot 10^{46}$ . 35.  $1,3 \cdot 10^9 \text{ kg}$ . 37. (a)  $1 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ;  
 (b)  $158 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . 39. (a)  $1,18 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$ ; (b) 0,228 nm.

## Kapitola 2

**KONTROLY** 1. b, c. 2. 0 m·s<sup>-1</sup>. 3. (a) 1 a 4; (b) 2 a 3; (c) 3. 4. (a) +; (b) -; (c) -; (d) +. 5. 1 a 4.  
 6. (a) +; (b) -; (c)  $a = -g = -9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .  
**OTÁZKY** 1. (a) Ano; (b) ne; (c) ano; (d) ano. 3. (a) 2, 3; (b) 1, 3; (c) 4. 5. Posunutí je u všech stejné (rov. 2.16).  
 7. (a)  $-g$ ; (b)  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  směrem vzhůru. 9. Rychlost je stejná. 11.  $x = t^2$  a  $x = 8(t - 2) + (1,5)(t - 2)^2$ .  
 13. Vzdálenost roste.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) Lewis:  $10,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , Rodgers:  $5,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 1 h 10 min. 3. 94 m. 5.  $2 \text{ cm}\cdot\text{y}^{-1}$ .  
 7.  $6,71 \cdot 10^8 \text{ mi}\cdot\text{h}^{-1}$ ;  $9,84 \cdot 10^8 \text{ ft}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  $1,00 \text{ ly}\cdot\text{y}^{-1}$ .  
 9. (a)  $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 11. (a) 73 km/h;  
 (b) 69 km/h; (c) 71 km/h; (d) 0 km/h. 13. (a)  $28,5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b)  $18,0 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $40,5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d)  $28,1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (e)  $30,3 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . 15. (a) V prvním přiblížení nekonečněkrát (zanedbáme-li vlastní rozměry ptáka, ztrátu času při obrátce atd.); (b) 60 km. 17. (a)  $4 \text{ s} > t > 2 \text{ s}$ ;  
 (b)  $3 \text{ s} > t > 0$ ; (c)  $7 \text{ s} > t > 3 \text{ s}$ ; (d)  $t = 3 \text{ s}$ .  
 19. 92 m. 23. (a) Znaménka  $v$  a  $a$  jsou:  $AB$ : +, -;  $BC$ : 0, 0;  $CD$ : +, +;  $DE$ : +, 0; (b) ne; (c) ne. 25. (e) Situace (a), (b) a (d). 27. (a)  $80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $110 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (c)  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 29. (a)  $1,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $6,11 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  
 (b)  $1,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $6,11 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-2}$ . 31. (a) 2,00 s; (b) 12 cm od levého okraje stínítka; (c)  $9,00 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$  doleva; (d) doprava; (e) doleva; (f) 3,46 s. 33. 0,556 s. 35. Oba  $0,28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .  
 37.  $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 39.  $1,62 \cdot 10^{15} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 41. 21 g.  
 43. (a) 25g; (b) 400 m. 45. 90 m. 47. (a)  $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  
 (b) 4,0 s; (c) 6,0 s; (d) 90 m. 49. (a)  $5,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b)  $1,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 7,50 m. 51. (a) 0,74 s; (b)  $-6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .  
 53. (a) 0,75 s; (b) 50 m. 55. (a) 10,6 m; (b) 41,6 s.  
 57. (a)  $0,99 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 61. (a)  $31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 6,4 s.  
 63. (a)  $48,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 4,95 s; (c)  $34,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d) 3,50 s.  
 65. (a) 5,44 s; (b)  $53,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c) 5,80 m. 67. (a) 3,2 s;  
 (b) 1,3 s. 69.  $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 71. (a) 350 ms; (b) 82 ms

(každý pro vzetup a pokles o 15 cm). 73.  $857 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  směrem vzhůru. 75. (a) 1,23 cm; (b) 4krát, 9krát, 16krát, 25krát. 77. (a)  $8,85 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 1,00 m.  
 79. 22 cm a 89 cm pod ústím. 81. (a) 3,41 s; (b) 57 m.  
 83. (a)  $12,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 85. 1,5 s. 87. (a) 5,4 s;  
 (b)  $41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 89. 20,4 m. 91. (a)  $d = v_{x,i}^2/2a' + T_R v_{x,i}$ ;  
 (b)  $9,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 0,66 s. 93. (a)  $v_j^2 = 2a'd_0(j - 1) + v_1^2$ ;  
 (c)  $7,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (d) 14 m.

## Kapitola 3

**KONTROLY** 1. (a) 7 m; (b) 1 m. 2. c, d, f.  
 3. (a) +, +; (b) +, -; (c) +, +. 4. (a) 90°; (b) 0 (vektory jsou souhlasně rovnoběžné); (c) 180° (nesouhlasně rovnoběžné). 5. (a) 0° nebo 180°; (b) 90°.  
**OTÁZKY** 1. A a B. 3. Odčítání komutativní není, ale sčítání (a) + (-b) je:  $a + (-b) = (-b) + a$ . 5. (a)  $\mathbf{a}$  a  $\mathbf{b}$  jsou rovnoběžné; (b)  $\mathbf{b} = \mathbf{0}$ ; (c)  $\mathbf{a}$  a  $\mathbf{b}$  jsou na sebe kolmé.  
 7. (a) až (c) ano (příklad:  $5\mathbf{i}$  a  $-2\mathbf{i}$ ). 9. Všechny kromě  $e$ .  
 11. (a) -, -; (b) -, -. 13. (a)  $\mathbf{B}$  a  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{D}$  a  $\mathbf{E}$ ; (b)  $\mathbf{D}$  a  $\mathbf{E}$ .  
 15. Ne (mohou mít nejružnější směry). 17. (a)  $\mathbf{0}$  (vektory jsou souhlasně rovnoběžné); (b)  $\mathbf{0}$  (vektory jsou nesouhlasně rovnoběžné).  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. Posunutí musí být (a) souhlasně rovnoběžná, (b) nesouhlasně rovnoběžná, (c) vzájemně kolmá. 3. (b) 3,2 km, 41° jižně směrem od západu.  
 5.  $a + b$ : 4,2; 40° na východ směrem od severu;  $b - a$ : 8,0; 24° na sever směrem od západu. 7. (a) 38 jednotek pod úhlem 320°; (b) 130 jednotek pod úhlem 1,2°; (c) 62 jednotek pod úhlem 130°. 9.  $a_x = -2,5$ ;  $a_y = -6,9$ .  
 11.  $r_x = 13 \text{ m}$ ,  $r_y = 7,5 \text{ m}$ . 13. (a) 14 cm, 45° doleva od směru přímo dolů; (b) 20 cm svisle vzhůru; (c) nula.  
 15. 4,74 km. 17. 168 cm, 32,5° nad zemí. 19.  $r_x = 1,8$ ;  $r_y = -5,8$ ;  $r_z = -2,8$ . 21. (a)  $8\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ , 8,2; 14°; (b)  $2\mathbf{i} - 6\mathbf{j}$ , 6,3; -72° vzhledem k  $\mathbf{i}$ . 23. (a) 5,0; -37°; (b) 10; 53°; (c) 11; 27°; (d) 11; 80°; (e) 11; 260°; úhly jsou určeny vůči  $\mathbf{i}$ , tj. směru osy  $+x$ . Poslední dva vektory mají opačné směry. 25. 4,1. 27. (a)  $r_x = 1,59$ ;  $r_y = 12,1$ ; (b) 12,2; (c) 82,5°. 29. 1 033 m vodorovně. 31. (a) -2,83 m, -2,83 m, +5,00 m, 0 m, 3,00 m, 5,20 m; (b) 5,17 m, 2,37 m; (c) 5,69 m, 24,6° na sever směrem od východu; (d) 5,69 m, 24,6° jižně od západu. 35. (a)  $a_x = 9,51 \text{ m}$ ,  $a_y = 14,1 \text{ m}$ ;  
 (b)  $a'_x = 13,4 \text{ m}$ ,  $a'_y = 10,5 \text{ m}$ . 37. (a)  $+y$ ; (b)  $-y$ ,  
 (c) 0; (d) 0; (e)  $+z$ ; (f)  $-z$ ; (g)  $ab$ , oba; (h)  $ab/d$ ,  $+z$ .  
 39. Ano. 41. (a) Vzhůru, jednotková velikost; (b) nula; (c) jih, jednotková velikost; (d) 1,00; (e) 0. 43. (a) -18,8; (b) 26,9; směrem  $+z$ . 45. (a) 12; ze stránky k nám;  
 (b) 12; do stránky od nás; (c) 12; k nám. 47. (a)  $11\mathbf{i} + 5\mathbf{j} - 7\mathbf{k}$ ; (b) 120°. 51. (a) 57°; (b)  $c_x = \pm 2,2$ ,  $c_y = \mp 4,5$ .  
 53. (a) -21; (b) -9; (c)  $5\mathbf{i} - 11\mathbf{j} - 9\mathbf{k}$ .

## V2 VÝSLEDKY

### Kapitola 4

**KONTROLY** 1. (a)  $(8\mathbf{i} - 6\mathbf{j})$  m; (b) s osami ne, s rovinou  $xy$  ano. 2. (a) V prvním; (b) ve třetím. 3. (1) a (3)  $a_x$  a  $a_y$  jsou obě konstantní, a tedy  $\mathbf{a}$  je konstantní; (2) a (4)  $a_y$  je konstantní, ale  $a_x$  ne, tedy  $\mathbf{a}$  není konstantní. 4.  $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-3}$ ,  $-2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 3 m. 5. (a)  $v_x$  je konstantní; (b)  $v_y$ , původně kladné, klesá do nuly a pak postupně roste v záporném směru; (c)  $a_x = 0$  po celou dobu; (d)  $a_y = -g$  po celou dobu. 6. (a)  $\mathbf{v} = -(4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})\mathbf{i}$ ; (b)  $\mathbf{a} = -(8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2})\mathbf{j}$ . 7. (1) 0, vzdálenost se nemění; (2)  $+70\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , vzdálenost se zvětšuje; (3)  $+80\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , vzdálenost se zmenšuje.

**OTÁZKY** 1. (1) a (3)  $a_y$  je konstantní, ale  $a_x$  ne, a tedy ani  $\mathbf{a}$  není; (2)  $a_x$  je konstantní, ale  $a_y$  ne, a tedy ani  $\mathbf{a}$  není; (4)  $a_x$  a  $a_y$  jsou obě konstantní, a tedy i  $\mathbf{a}$  je konstantní;  $-2\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 3. (a) Nejmenší v nejvyšším bodu; (b) největší v nejnižším bodu. 5. (a) Všechny stejné; (b) 1 a 2 stejné (raketa je vystřelena vzhůru), potom 3 a 4 stejné (raketa je vystřelena do země!). 7.  $(2\mathbf{i} - 4\mathbf{j})\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 9. (a) Stejně; (b) stejně; (c)  $c, b, a$ ; (d)  $c, b, a$ . 11. (a) Ne; (b) stejná. 13. (a) Do ruky; (b) za dítě; (c) před dítě. 15. (a) Úsečka dolů; (b) zakřivená trajektorie; (c) více zakřivená trajektorie. 17. (a) 3; (b) 4.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a)  $(-5,0\mathbf{i} + 8,0\mathbf{j})$  m; (b) 9,4 m,  $122^\circ$  od osy  $+x$ ; (d)  $(8\mathbf{i} - 8\mathbf{j})$  m; (e) 11 m,  $-45^\circ$  od osy  $+x$ . 3. (a)  $(-7,0\mathbf{i} + 12\mathbf{j})$  m; (b) s rovinou  $xy$ . 5. (a) 671 km na jihovýchod,  $63,4^\circ$  od místní rovnoběžky; (b) 298 km/h,  $63,4^\circ$  od místní rovnoběžky; (c) 400 km/h. 7. (a)  $6,79\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; (b)  $6,96^\circ$ . 9. (a)  $(3\mathbf{i} - 8\mathbf{j})\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $(3\mathbf{i} - 16\mathbf{j})\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $-79^\circ$  k ose  $+x$ . 11. (a)  $(8\mathbf{i} + \mathbf{k})\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $8\mathbf{j}\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 13.  $(-2,10\mathbf{i} + 2,81\mathbf{j})\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 15. (a)  $-1,5\mathbf{j}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $(4,5\mathbf{i} - 2,25\mathbf{j})$  m. 17.  $60,0^\circ$ . 19. (a) 62 ms; (b)  $490\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 21. (a) 2,0 ns; (b) 2,0 mm; (c)  $(1,0\cdot 10^9\mathbf{i} - 2,0\cdot 10^8\mathbf{j})\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . 23. (a) 3,03 s; (b) 758 m; (c)  $29,7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 25. (a)  $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $23^\circ$  nad vodorovnou osou; (b)  $27\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $57^\circ$  pod vodorovnou osou. 27. (a) 32,4 m; (b)  $-37,7$  m. 29. (b)  $76^\circ$ . 31. (a) 51,8 m; (b)  $27,4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c) 67,5 m. 33. (a)  $194\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $38^\circ$ . 35. 4,9 cm. 37. (a) 11 m; (b) 23 m; (c)  $17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $63^\circ$  nad vodorovnou osou; (d)  $17\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $63^\circ$  pod vodorovnou osou. 41. (a) 16,3 m; (b)  $7,6^\circ$ ; (c) 1,0 s. 43.  $23\text{ ft}\cdot\text{s}^{-1}$ . 45. (a) 11 m; (b)  $45\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 47. 30 m nad úroveň, odkud byl vyhozen. 49.  $5,3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 51. (a)  $202\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 806 m; (c)  $161\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $-171\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 53. (a) 20 cm; (b) ne, míček narazí na síť ve výšce 4,4 cm nad zemí. 55. Ano, míček proletí asi 2 m nad horním okrajem plotu. 57. (a)  $9,00\cdot 10^{22}\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  směrem ke středu; (b)  $1,52\cdot 10^{-16}\text{ s}$ . 59. (a)  $6,7\cdot 10^6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $1,4\cdot 10^{-7}\text{ s}$ . 61. (a)  $7,49\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $8,00\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 63. (a) 0,94 m; (b)  $19\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $2400\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  směrem do středu; (d) 0,05 s. 65. (a)  $1,3\cdot 10^5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $7,9\cdot 10^5\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  neboli  $8,0\cdot 10^4\text{ g}$  směrem do středu; (c) obě hodnoty se zvětší. 67. (a)  $0,034\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 84 min. 69.  $2,58\text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$ .

71.  $160\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 73. 36 s, ne. 75.  $29\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  z obou systémů. 77.  $130^\circ$ . 79.  $60^\circ$ . 81. (a)  $5,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 16,7 m; (c)  $67^\circ$ . 83.  $185\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $22^\circ$  jižně směrem od západu. 85. (a) Ze  $75^\circ$  na východ (měřeno od jihu); (b)  $30^\circ$  východně (měřeno od severu); k získání druhého řešení zaměňte západ za východ. 87. (a)  $30^\circ$  proti proudu; (b) 69 min; (c) 80 min; (d) 80 min; (e) kolmo k proudu, nejkratší možný čas je 60 min. 89. 0,83c. 91. (a) 0,35c; (b) 0,62c. 93. Pokud je úhel vrhu mezi  $5^\circ$  a  $70^\circ$ , pohybuje se vždy směrem od místa vrhu. Pokud je úhel vrhu  $75^\circ$ , pohybuje se směrem k výchozímu místu v čase mezi 11,5 s a 18,5 s po vrhu. Je-li vrženo pod úhlem  $80^\circ$ , pohybuje se směrem k místu vrhu v čase mezi 10,5 s a 20,5 s po vyhození. Při úhlu vrhu  $85^\circ$  se směrem k výchozímu místu pohybuje v čase mezi 10,5 s a 20,5 s po vrhu. Při úhlu vrhu  $90^\circ$  se směrem k výchozímu místu pohybuje v čase mezi 10 s a 20,5 s po vrhu. 95. (a) 1,6 s; (b) ne; (c)  $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d) ano. 97. (a)  $\Delta\mathbf{D} = (1,0\text{ m})\mathbf{i} - (2,0\text{ m})\mathbf{j} + (1,0\text{ m})\mathbf{k}$ ; (b) 2,4 m; (c)  $\mathbf{v} = (0,025\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})\mathbf{i} - (0,050\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})\mathbf{j} + (0,025\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})\mathbf{k}$ ; (d) nelze určit jen z uvedených údajů.

### Kapitola 5

**KONTROLY** 1.  $c, d$  a  $e$ . 2. (a) a (b) 2 N, doleva (zrychlení je v obou případech nulové). 3. (a) a (b) 1, 4, 3, 2. 4. (a) Stejná; (b) větší (zrychlení mívá nahoru, takže výsledná síla působící na těleso musí směřovat nahoru). 5. (a) Stejná; (b) větší; (c) menší. 6. (a) Vzrostou; (b) ano; (c) zůstanou; (d) ano. 7. (a)  $F \sin \theta$ ; (b) zvýší. 8. 0.

**OTÁZKY** 1. (a) Ano; (b) ano; (c) ano; (d) ano. 3. (a) (2) a (4); (b) (2) a (4). 5. (a) 50 N, nahoru; (b) 150 N, nahoru. 7. (a) Menší; (b) větší. 9. (a) Ne; (b) ne; (c) ne. 11. (a) Roste; (b) roste; (c) klesá; (d) klesá. 13. (a) 20 kg; (b) 18 kg; (c) 10 kg; (d) všechny stejné; (e) 3, 2, 1. 15.  $d, c, a, b$ .

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a)  $F_x = 1,88\text{ N}$ ,  $F_y = 0,684\text{ N}$ ; (b)  $(1,88\mathbf{i} + 0,684\mathbf{j})$ . 3. (a)  $(-6,26\mathbf{i} - 3,23\mathbf{j})$  N; (b) 7,0 N,  $207^\circ$  vzhledem k  $+x$ . 5.  $(-2\mathbf{i} + 6\mathbf{j})$  N. 7. (a) 0; (b)  $+20\text{ N}$ ; (c)  $-20\text{ N}$ ; (d)  $-40\text{ N}$ ; (e)  $-60\text{ N}$ . 9. (a)  $(1\mathbf{i} - 1,3\mathbf{j})\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $1,6\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  pod úhlem  $-50^\circ$  vzhledem k  $+x$ . 11. (a)  $\mathbf{F}_2$  a  $\mathbf{F}_3$  mívají ve směru  $-x$ ,  $\mathbf{a} = 0$ ; (b)  $\mathbf{F}_2$  a  $\mathbf{F}_3$  mívají ve směru  $-x$ ,  $\mathbf{a}$  leží na ose  $x$ ,  $a = 0,83\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c)  $\mathbf{F}_2$  a  $\mathbf{F}_3$  svírají se směrem  $-x$  úhel  $34^\circ$ ,  $\mathbf{a} = 0$ . 13. (a) 22 N, 2,3 kg; (b) 1 100 N, 110 kg; (c)  $1,8\cdot 10^4\text{ N}$ ,  $1,8\cdot 10^3\text{ kg}$ . 15. (a) 11 N, 2,2 kg; (b) 2,2 kg, 0. 17. (a) 44 N; (b) 78 N; (c) 54 N; (d) 152 N. 19.  $1,18\cdot 10^4\text{ N}$ . 21.  $1,2\cdot 10^5\text{ N}$ . 23. 16 N. 25. (a)  $5,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 1,3 kN. 27. (a) 42 N; (b) 72 N; (c)  $4,9\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 29. (a)  $0,02\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $8\cdot 10^4\text{ km}$ ; (c)  $2\cdot 10^3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 31. (a)  $1,1\cdot 10^{-15}\text{ N}$ ; (b)  $8,9\cdot 10^{-30}\text{ N}$ . 33. (a) 5 500 N; (b) 2,7 s; (c) čtyřikrát delší; (d) dvakrát delší. 35. (a)  $4,9\cdot 10^5\text{ N}$ ; (b)  $1,5\cdot 10^6\text{ N}$ . 37. (a) 490 N směrem nahoru; (b) 490 N směrem dolů.

39. (a)  $0,74 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $7,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 41. (a)  $\cos \theta$ ; (b)  $\sqrt{\cos \theta}$ . 43.  $1,8 \cdot 10^4 \text{ N}$ . 45. (a)  $4,6 \cdot 10^3 \text{ N}$ ; (b)  $5,8 \cdot 10^3 \text{ N}$ . 47. (a)  $250 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$ . 49. 23 kg. 51. (a) 620 N; (b) 580 N. 53.  $1,9 \cdot 10^5 \text{ lb}$ . 55. (a) Lano se přetrhne; (b)  $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 57. 4,6 N. 59. (a) Umožnit zrychlení alespoň  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  nebo větší směrem dolů; (b)  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  nebo větší. 61. 195 N, nahoru. 63. (a) 566 N; (b) 1 130 N. 65. 18 000 N. 67. (a)  $1,4 \cdot 10^4 \text{ N}$ ; (b)  $1,1 \cdot 10^4 \text{ N}$ ; (c) 2 700 N, směrem k protizávaží. 69. 6 800 N, pod úhlem  $21^\circ$  vzhledem k trajektorii pramice. 71. (a)  $4,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $2,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 73. (b)  $F/(m+M)$ ; (c)  $MF/(m+M)$ ; (d)  $F(m+2M)/2(m+M)$ . 75.  $T_1 = 13 \text{ N}$ ,  $T_2 = 20 \text{ N}$ ,  $a = 3,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

### Kapitola 6

**KONTROLY** 1. (a) Nulová (na kostku nepůsobí žádná vodorovná síla a kostka je v klidu); (b) 5 N; (c) ne; (d) ano.

2. (a) Stejná (10 N); (b) klesá; (c) klesá. 3. Větší. 4. (a)  $a$  dolů,  $N$  nahoru; (b)  $a$  i  $N$  nahoru. 5. (a)  $4R_1$ ; (b)  $4R_1$ . 6. (a) Stejná; (b) roste; (c) roste.

**OTÁZKY** 1. Kostky sklouznou při stejném úhlu sklonu, bez ohledu na uspořádání. 3. (a) Nahoru; (b) vodorovně, směrem k nám; (c) beze změny; (d) vzroste; (e) vzroste. 5. Třecí síla  $F_s$  mívá nejdříve nahoru podél rampy, pak její velikost klesá, až klesne na nulu; pak směřuje dolů podél rampy, přičemž její velikost roste, pokud nedosáhne hodnoty  $F_{s,\text{max}}$ ; poté bude velikost třecí síly  $F_k$  konstantní a menší než  $F_{s,\text{max}}$ . 7. (a) Klesá; (b) klesá; (c) roste; (d) roste. 9. Perioda  $T = 0$ , rychlost  $v = \infty$ ; úhlu  $90^\circ$  nelze dosáhnout. 11. 4, 3; poté 1, 2 a 5 se stejnou dostředivou silou. 13. (a) Menší; (b) větší.

- CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 200 N; (b) 120 N. 3.  $2^\circ$ . 5. 440 N. 7. (a) 110 N; (b) 130 N; (c) ne; (d) 46 N; (e) 17 N. 9. (a) 90 N; (b) 70 N; (c)  $0,89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 11. (a) Ne; (b)  $(-12i + 5j) \text{ N}$ . 13.  $20^\circ$ . 15. (a) 0,13 N; (b) 0,12. 17.  $f_s = 0,58$ ,  $f_d = 0,54$ . 19. (a)  $0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $0,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 0,041, 0,029. 21. 36 m. 23. (a) 300 N; (b)  $1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 25. (a) 66 N; (b)  $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 27. (a)  $f_d mg / (\sin \theta - f_d \cos \theta)$ ; (b)  $\theta_0 = \arctg f_s$ . 29. (b)  $3,0 \cdot 10^7 \text{ N}$ . 31. 10 kg. 33. 3,0 kg. 35. (a)  $3,46 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 16 N; (c) na pořadí kostek nezáleží. 37. (a) 27 N; (b)  $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 39. (a)  $6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , doleva; (b)  $0,98 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , doleva. 41. (a)  $3,0 \cdot 10^5 \text{ N}$ ; (b)  $1,2^\circ$ . 43. 9,9 s. 45. 3,75. 47. 13 cm. 49. 22 m. 51. (a) 3 210 N; (b) dobře, nepodklouzne. 53. 0,079. 55. (a)  $0,72 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $2,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 0,50 N. 57.  $\sqrt{Mgr/m}$ . 59. (a)  $30 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $180 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$ , radiálně dovnitř; (c)  $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ , radiálně dovnitř; (d) 0,37. 61. (a) 275 N; (b) 877 N. 63. 874 N. 65. (a) V nejnižším bodě; (b)  $10,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 67. (a)  $9,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 20 m. 69.  $13^\circ$ . 71. (a) 0,033 8 N; (b) 9,77 N.

### Kapitola 7

**KONTROLY** 1. (a) Klesne; (b) nezmění se; (c) v případě a) záporná, v případě b) nulová. 2.  $d$ ,  $c$ ,  $b$ ,  $a$ .

3. (a) Stejná; (b) menší. 4. (a) Kladná; (b) záporná; (c) nulová. 5. Nulový.

**OTÁZKY** 1. Stejně. 3. (a) Roste; (b) stejná; (c) stejná; (d) roste. 5. (a) Kladná; (b) záporná; (c) záporná. 7. (a) Kladná; (b) nulová; (c) záporná; (d) záporná; (e) nulová; (f) kladná. 9. Práce tíhové síly je ve všech případech stejná. 11.  $c$ ;  $d$ ;  $a$  a  $b$  stejně; pak  $f$ ;  $e$ . 13. (a) 3 m; (b) 3 m; (c) 0 a 6 m; (d) v záporném směru osy  $x$ . 15. (a)  $A$ ; (b)  $B$ . 17. Dvojnásobek.

- CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $1,8 \cdot 10^{13} \text{ J}$ . 3. (a) 3 610 J; (b) 1 900 J; (c)  $1,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$ . 5. (a)  $1 \cdot 10^5$  megaton TNT; (b)  $1 \cdot 10^7$  bomb. 7. Otec:  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; syn:  $4,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 9. (a) 200 N; (b) 700 m; (c)  $-1,4 \cdot 10^5 \text{ J}$ ; (d) 400 N, 350 m,  $-1,4 \cdot 10^5 \text{ J}$ . 11. 5 000 J. 13. 47 keV. 15. 7,9 J. 17. 530 J. 19.  $-37 \text{ J}$ . 21. (a) 314 J; (b)  $-155 \text{ J}$ ; (c) 0 J; (d) 158 J. 23. (a) 98 N; (b) 4,0 cm; (c) 3,9 J; (d)  $-3,9 \text{ J}$ . 25. (a)  $-3Mgd/4$ ; (b)  $Mgd$ ; (c)  $Mgd/4$ ; (d)  $\sqrt{gd/2}$ . 27. 25 J. 31.  $-6 \text{ J}$ . 33. (a) 12 J; (b) 4,0 m; (c) 18 J. 35. (a)  $-0,043 \text{ J}$ ; (b)  $-0,13 \text{ J}$ . 37. (a)  $6,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 4,7 m. 39. (a) Nad původní polohou; (b) 5,0 cm; (c) 5,0 J. 41. 270 kW. 43. 235 kW. 45. 490 W. 47. (a) 100 J; (b) 67 W; (c) 33 W. 49. 0,99 HP. 51. (a) 0; (b)  $-350 \text{ W}$ . 53. (a) 79,4 keV; (b) 3,12 MeV; (c) 10,9 MeV. 55. (a) 32 J; (b) 8 W; (c)  $78^\circ$ .

### Kapitola 8

**KONTROLY** 1. Ne. 2. 3, 1, 2. 3. (a) Stejně; (b) stejně. 4. (a) CD, AB, BC (nula); (b) kladný směr osy  $x$ . 5. 2, 1, 3. 6. Menší. 7. (a) Sedmý excitovaný stav, s energií  $E_7$ ; (b) 1,3 eV.

**OTÁZKY** 1.  $-40 \text{ J}$ . 3. (c) a (d) stejně; pak (a) a (b) stejně. 5. (a) Všechny stejně; (b) všechny stejně. 7. (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3. 9. Menší (menší pokles potenciální energie). 11. (a)  $E < 3 \text{ J}$ ,  $E_k < 2 \text{ J}$ ; (b)  $E < 5 \text{ J}$ ,  $E_k < 4 \text{ J}$ . 13. (a) Roste; (b) klesá; (c) klesá; (d) zůstává konstantní v  $AB$  a  $BC$ , pokles v  $CD$ .

- CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. 15 J. 3. (a) 167 J; (b)  $-167 \text{ J}$ ; (c) 196 J; (d) 29,4 J. 5. (a) 0; (b)  $mgh/2$ ; (c)  $mgh$ ; (d)  $mgh/2$ ; (e)  $mgh$ . 7. (a)  $-0,80 \text{ J}$ ; (b)  $-0,80 \text{ J}$ ; (c)  $+1,1 \text{ J}$ . 9. (a)  $mgL(1 - \cos \theta)$ ; (b)  $-mgL(1 - \cos \theta)$ ; (c)  $mgL(1 - \cos \theta)$ . 11. (a) 18 J; (b) 0 J; (c) 30 J; (d) 0 J; (e) v případech b, d. 13. (a)  $2,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $2,08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 15. (a)  $\sqrt{2gL}$ ; (b)  $2\sqrt{gL}$ ; (c)  $\sqrt{2gL}$ . 17. 257 m. 19. (a) 6,75 J; (b)  $-6,75 \text{ J}$ ; (c) 6,75 J; (d) 6,75 J; (e)  $-6,75 \text{ J}$ ; (f) 0,459 m. 21. (a)  $21 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $21 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 23. (a) 0,98 J; (b)  $-0,98 \text{ J}$ ; (c) 3,1 N $\cdot$ cm $^{-1}$ . 25. (a) 39,2 J; (b) vzroste o 39,2 J; (c) 4,00 m. 27. (a)  $54 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $52 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $x = 90 \text{ m}$ ,  $y = 76 \text{ m}$ , pod úrovní ústí hlavně. 29. (a)  $11,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 7,8 cm. 31. (a) 300 J; (b) 93,8 J; (c) 6,38 m. 33. (a)  $4,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 35. (a)  $\sqrt{v_0^2 + 2gL(1 - \cos \theta_0)}$ ; (b)  $\sqrt{2gl \cos \theta_0}$ ;

(c)  $\sqrt{gL(3+2\cos\theta_0)}$ . 37. (a)  $E_p(x) = -Gm_1m_2/x$ ;  
 (b)  $Gm_1m_2d/[x_1(x_1+d)]$ . 39. (a) Vodorovný průmět  
 ( $8mg$ ) míří vlevo, svislý průmět ( $mg$ ) míří dolů; (b) 2,5*R*.  
 43.  $mgL/32$ . 47. (a)  $1,12(A/B)^{1/6}$ ; (b) odpudivé;  
 (c) přitažlivé. 49. (a) Bod obrátu pouze nalevo,  
 atomy se oddělí a molekula se rozpadne; (b) bod obrátu  
 napravo i nalevo; atomy se nemohou oddělit, molekula se  
 nerozpadne; (c)  $-1,2 \cdot 10^{-19}$  J; (d)  $2,2 \cdot 10^{-19}$  J; (e) velikost  
 interakčních sil je asi  $1 \cdot 10^{-9}$  N, síly jsou přitažlivé;  
 (f)  $r < 0,2$  nm; (g)  $r > 0,2$  nm; (h)  $r = 0,2$  nm.  
 51.  $-45$  J. 53. (a) 2 200 J; (b)  $-1$  500 J; (c) 700 J.  
 (Výsledky zkráceny zaokrouhlováním.) 55. 17 kW.  
 57. (a)  $-0,74$  J; (b)  $-0,53$  J. 59.  $-12$  J. 61. 54 %.  
 63. 880 MW. 65. (a) 39 kW; (b) 39 kW. 67. (a) 1,5 MJ;  
 (b) 0,51 MJ; (c) 1,0 MJ; (d)  $63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 69. (a) 67 J;  
 (b) 67 J; (c) 46 cm. 71. Nemá-li ve výsledku dojít ke  
 změně kinetické energie hlávky, musíme na ni působit další  
 silou (síla ruky, která rovněž koná práci). 73. (a)  $-0,90$  J;  
 (b) 0,46 J; (c)  $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 75. (a)  $5,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 5,9 m.  
 77. 4,3 m. 79. (a) 31,0 J; (b)  $5,35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c) je  
 konzervativní. 81. 1,2 m. 85. Uprostřed rovného  
 úseku. 87. (a)  $7,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 96 cm; (c) 2,4 m; (d) 16 m.  
 89. (a) 216 J; (b) 1 180 N; (c) 432 J; (d) motor dodává  
 energii, která zahřívá pás a krabici během dynamického  
 tření. 91. (a)  $1,1 \cdot 10^{17}$  J; (b) 1,2 kg. 93. 7,28 MeV.  
 95. (a) Uvolnění; (b) 17,6 MeV. 97. (a) 5,3 eV;  
 (b) 0,9 eV. 99. (a) 7,2 J; (b)  $-7,2$  J; (c) 86 cm; (d) 26 cm.

Kapitola 9

**KONTROLY** 1. (a) V počátku souřadnic; (b) ve čtvrtém  
 kvadrantu; (c) na ose y pod počátkem; (d) v počátku  
 souřadnic; (e) ve třetím kvadrantu; (f) v počátku souřadnic.  
 2. (a) až (c) v těžišti soustavy, tedy stále v počátku  
 souřadnic (jejich síly jsou vnitřní, těžiště se nemůže  
 pohybovat). 3. (a) 1, 3, a pak 2 a 4 stejně; (b) 3.  
 4. (a) 0; (b) ne; (c) opačný než osa *x*. 5. (a)  $500 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ;  
 (b)  $2\,600 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; (c)  $1\,600 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . 6. (a) Ano; (b) ne.  
**OTÁZKY** 1. Bod 4. 3. (a) Ve středu sáněk; (b)  $L/4$ ,  
 doprava; (c) nepohybuje se (nepůsobí vnější síly);  
 (d)  $L/4$ , doleva; (e)  $L$ ; (f)  $L/2$ ; (g)  $L/2$ . 5. (a) AC,  
 CD, a BC; (b) BC; (c) BD a AD. 7. (a) 2 N, doprava;  
 (b) 2 N doprava; (c) větší než 2 N, doprava. 9. *b, c, a*.  
 11. (a) Ano; (b)  $6 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  v záporném směru osy *x*;  
 (c) z údajů nelze určit jednoznačně.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 4 600 km; (b)  $0,73R_Z$ .  
 3. (a)  $x_T = 1,1$  m,  $y_T = 1,3$  m; (b) posouvá se k nejnižší  
 položené částici. 5.  $x_T = -0,25$  m,  $y_T = 0$  m.  
 7. Uvnitř železné části, ve střední výšce a šířce, 2,7 cm  
 od poloviny délky. 9.  $x_T = y_T = 20$  cm,  $z_T = 16$  cm.  
 11. (a)  $H/2$ ; (b)  $H/2$ ; (c) klesne do nejnižšího bodu,  
 pak vystoupí do  $H/2$ ; (d)  $(HM/m)(\sqrt{1+m/M}-1)$ .  
 13.  $72 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . 15. (a) Těžiště se nepohybuje;  
 (b) 0,75 m. 17.  $4,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 19. (a) 22 m; (b)  $9,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 21. 53 m. 23. 4,97 m. 25. (a)  $52,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ;

(b)  $28,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . 27. Proton. 29. (a)  $30^\circ$ ;  
 (b)  $-0,572j \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 31. (a)  $-4,0 \cdot 10^4 i \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b) na západ; (c) 0. 33.  $0,707c$ . 35.  $0,57 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , do  
 těžiště. 37. Zvyšuje se o  $4,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 39. (a) Motor:  
 $7\,290 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , modul:  $8\,200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) před:  $1,271 \cdot 10^{10}$  J  
 po:  $1,275 \cdot 10^{10}$  J. 41. (a) +1; (b) 1 830; (c) 1 830;  
 (d) odpovědi se nezmění. 43.  $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $135^\circ$  od  
 ostatních kusů. 45.  $190 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 47. (a)  $0,200v_{\text{rel}}$ ;  
 (b)  $0,210v_{\text{rel}}$ ; (c)  $0,209v_{\text{rel}}$ . 49. (a)  $1,57 \cdot 10^6$  N;  
 (b)  $1,35 \cdot 10^5$  kg; (c)  $2,08 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . 51.  $108 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 53.  $2,2 \cdot 10^{-3}$ . 57. Rychlejší člun: o 46 N větší;  
 pomalejší loď: beze změny. 59. (a) 3,9 MJ; (b) 3,1.  
 61. 690 W. 63.  $5,5 \cdot 10^6$  N. 65. 24 W. 67. 100 m.  
 69. (a) 860 N; (b)  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 71. (a)  $3,0 \cdot 10^5$  J; (b) 10 kW;  
 (c) 20 kW. 73. (a)  $2,1 \cdot 10^6$  kg; (b)  $\sqrt{100+1,5t} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (c)  $1,5 \cdot 10^6 / \sqrt{100+1,5t}$  N; (d) 6,7 km. 75.  $t =$   
 $= (3d/2)^{2/3} (m/2P)^{1/3}$ .

Kapitola 10

**KONTROLY** 1. (a) Beze změny; (b) beze změny;  
 (c) zmenší se. 2. (a) Nula; (b) kladné; (c) kladný  
 směr osy *y*. 3. (a)  $4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $8 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (c) 3 J. 4. (a) 0; (b)  $4 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 5. (a)  $10 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b)  $14 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $6 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 6.  $2 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b)  $3 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 7. (a) Zvětšil by se; (b) zvětšil by se.  
**OTÁZKY** 1. Je u všech stejný. 3. *b, c*. 5. (a) První  
 bylo v klidu; (b) 2; (c) 5; (d) stejná. 7. (a) 1 a 4  
 stejná; pak 2 a 3 stejná; (b) 1, 3 a 4 stejná, pak 2.  
 9. (a) Doprava; (b) doprava; (c) menší. 11. V kladném  
 směru osy *x*.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 750 N; (b)  $6,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 3.  $6,2 \cdot 10^4$  N. 5. 3 000 N. 7. 1,1 m. 9. (a) 42 N·s;  
 (b) 2 100 N. 11. (a)  $(7,4 \cdot 10^3 i - 7,4 \cdot 10^3 j) \text{ N}\cdot\text{s}$ ;  
 (b)  $(-7,4 \cdot 10^3 i) \text{ N}\cdot\text{s}$ ; (c)  $2,3 \cdot 10^3$  N; (d)  $2,1 \cdot 10^4$  N;  
 (e)  $-45^\circ$ . 13. (a)  $1,0 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 250 J; (c) 10 N;  
 (d) 1 700 N. 15. 5 N. 17.  $2\mu\text{v}$ . 19. 990 N.  
 21. (a)  $1,8 \text{ N}\cdot\text{s}$ , nahoru; (b) 180 N, dolů. 25.  $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 27.  $38 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . 29.  $4,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 31. (a) 99 g;  
 (b)  $1,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $0,93 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 33. (a) 1,2 kg;  
 (b)  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 35. 7,8 kg. 37. (a)  $1/3$ ; (b)  $4h$ .  
 39. 35 cm. 41.  $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 43. (a)  $(10i + 15j) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b) 500 J ztráta. 45. (a)  $2,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $1\,400 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 47. (a) A:  $4,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  B:  $3,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 49. 20 J těžká částice, 40 J lehká. 51.  $mv^2/6$ .  
 53. 13 t. 55. 25 cm. 57.  $0,975 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $0,841 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 (c)  $v_{24} = 5,3 \text{ ft}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $v_{32} = 3,3 \text{ ft}\cdot\text{s}^{-1}$ . 59. (a)  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b) 2 700 J; (c)  $v_{24} = 1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $v_{32} = 1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 61. (a)  $30^\circ$ , od směru přilétajícího protonu; (b)  $250 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 a  $430 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 63. (a)  $41^\circ$ ; (b)  $4,76 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c) ne.  
 65.  $v = V/4$ . 67. (a)  $117^\circ$  od výsledného směru B; (b) ne.  
 69.  $120^\circ$ . 71. (a)  $1,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $30^\circ$  od původního směru;  
 (b) ne. 73. (a)  $3,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , odkloněna o  $17^\circ$  doprava;  
 (b)  $0,95$  MJ. 75. (a) 117 MeV; (b) hybnosti jsou stejně

velké, ale mají opačné směry; (c)  $\pi^-$ . 77. (a) 4,94 MeV; (b) 0; (c) 4,85 MeV; (d) 0,09 MeV.

### Kapitola 11

**KONTROLY** 1. (b), (c). 2. (a), (d). 3. (a) Ano; (b) ne; (c) ano; (d) ano. 4. Všechny stejné. 5. 1, 2, 4, 3. 6. (a) 1 a 3 stejné, 4, 2 a 5 stejné (rovné nule). 7. (a) Dolů v obrázku; (b) menší.

**OTÁZKY** 1. (a) Kladná; (b) nulová; (c) záporná; (d) záporné. 3. (a) 2, 3; (b) 1, 3; (c) 4. 5. (a), (c). 7. (a) Všechny stejné; (b) 2, 3; pak 1 a 4 stejné. 9. *b, c, a*. 11. Menší. 13.  $90^\circ$ ; pak  $70^\circ$  a  $110^\circ$  stejné. 15. Otočení kolem různých os o velké úhly spolu nekomutují.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 1,5 rad; (b)  $85,9^\circ$ ; (c) 0,237 m. 3. (a) 0,105  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $1,75\cdot 10^{-3}\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $1,45\cdot 10^{-4}\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . 5. (a)  $\omega(2) = 4,0\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $\omega(4) = 28\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $12\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c)  $\alpha(2) = 6,0\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $\alpha(4) = 18\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ . 7. (a)  $\omega_0 + at^4 - bt^3$ ; (b)  $\theta_0 + \omega_0 t + at^5/5 - bt^4/4$ . 9.  $11\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . 11. (a)  $9000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-2}$ ; (b) 420 ot. 13. (a) 30 s; (b) 1 800 rad. 15.  $200\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ . 17. (a)  $2,0\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $5,0\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $10\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d) 75 rad. 19. (a) 13,5 s; (b)  $27,0\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . 21. (a) 340 s; (b)  $-4,5\cdot 10^{-3}\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 98 s. 23. (a)  $1,0\text{ ot}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 4,8 s; (c) 9,6 s; (d) 48 ot. 25.  $1,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , směrem do středu. 27.  $0,14\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . 29.  $5,6\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ . 31. (a) 5,1 h; (b) 8,1 h. 33. (a)  $2,50\cdot 10^{-3}\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $20,2\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 0. 35. (a)  $-1,1\text{ ot}\cdot\text{min}^{-2}$ ; (b) 9 900 ot; (c)  $-0,99\text{ mm}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (d)  $31\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 37. (a)  $310\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 39. (a)  $1,94\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $75,1^\circ$ , směrem do středu trajektorie. 41. 16 s. 43. (a)  $73\text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 0,075; (c) 0,11. 45.  $12,3\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . 47. První válec: 1 100 J; druhý válec: 9 700 J. 49. (a)  $221\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; (b)  $1,1\cdot 10^4\text{ J}$ . 51. (a)  $6490\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; (b) 4,36 MJ. 53.  $0,097\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . 57. (a)  $1\ 300\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ ; (b)  $550\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ ; (c)  $1900\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ ; (d)  $I_x + I_y$ . 59. (a) 49 MJ; (b) 100 min. 61.  $4,7\text{ N}\cdot\text{m}$ . 63. (a)  $r_1 F_1 \sin \theta_1 - r_2 F_2 \sin \theta_2$ ; (b)  $-3,8\text{ N}\cdot\text{m}$ . 65.  $1,28\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . 67.  $9,7\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ , proti směru otáčení hodinových ručiček. 69. (a)  $155\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; (b) 64,4 kg. 71. (a)  $420\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $500\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . 73. Malá koule: (a) 0,689 N·m a (b) 3,05 N; velká koule (a)  $9,84\text{ N}\cdot\text{m}$  a (b) 11,5 N. 75.  $1,73\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  $6,92\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 77. (a)  $1,4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $1,4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 79. (a) 19,8 kJ; (b) 1,32 kW. 81. (a)  $8,2\cdot 10^{28}\text{ N}\cdot\text{m}$ ; (b)  $2,6\cdot 10^{29}\text{ J}$ ; (c)  $3,0\cdot 10^{21}\text{ kW}$ . 83.  $\sqrt{9g/4l}$ . 85. (a)  $4,8\cdot 10^5\text{ N}$ ; (b)  $1,1\cdot 10^4\text{ N}\cdot\text{m}$ ; (c)  $1,3\cdot 10^6\text{ J}$ . 87. (a)  $3g(1 - \cos \theta)$ ; (b)  $\frac{3}{2}g \sin \theta$ ; (c)  $41,8^\circ$ . 89. (a)  $5,6\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $3,1\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ . 91. (a)  $42,1\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; (b)  $3,09\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 7,57 kW. 93. (a)  $3,4\cdot 10^5\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ ; (b)  $2,9\cdot 10^5\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ ; (c)  $6,3\cdot 10^5\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ ; (d)  $(1,2\text{ cm})\mathbf{i} + (5,9\text{ cm})\mathbf{j}$ .

### Kapitola 12

**KONTROLY** 1. (a) Stejná; (b) menší. 2. Menší. 3. (a)  $\pm z$ ; (b)  $+y$ ; (c)  $-x$ . 4. (a) 1 a 3 stejné, pak 2

a 4 stejné, pak 5 (nulový); (b) 2 a 3. 5. (a) 3, 1; pak 2 a 4 (nulová); (b) 3. 6. (a) Stejný pro všechna tělesa (stejně  $\mathbf{F}$ , stejně  $t$ , proto stejně  $\Delta L$ ); (b) koule, kotouč, prstavec.

7. (a) Klesne; (b) zůstane stejný; (c) vzroste.

**OTÁZKY** 1. (a) Stejnou; (b) kvádr; (c) kvádr.

3. (a) Větší; (b) stejná. 5. (a)  $L$ ; (b)  $1,5L$ . 7. B, pak C a D stejná; pak A a E stejná (nula). 9. A, pak B a C stejná; pak E a D stejná (nula). 11. (a) Nezmění; (b) vzroste díky zmenšení momentu setrvačnosti.

13. (a) 30 jednotek ve směru hodinových ručiček;

(b) 2, pak 4, pak ostatní; anebo 4, pak 2, pak ostatní.

15. (a) Klouže a otáčí se na místě („protáčí se“); (b) valí se směrem doprava; (c) doleva.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. 1,00. 3. (a)  $59,3\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $-9,31\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c) 70,7 m. 5. (a)  $-4,44\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $-16,4\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (c)  $-2,54\text{ N}\cdot\text{m}$ . 7. (a)  $8,0^\circ$ ; (b) 0,14 g. 9. (a) 4,0 N, doleva; (b)  $0,60\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ . 11. (a)  $\frac{1}{2}mR^2$ ; (b) plný válec. 13. (a)  $mg(R - r)$ ; (b)  $2/7$ ; (c)  $(17/7)mg$ . 15. (a)  $2,7R$ ; (b)  $(50/7)mg$ . 17. (a)  $13\text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b) 4,4 s; (c)  $55\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d)  $1,8\cdot 10^{-2}\text{ J}$ ; (e) 1,4 J; (f)  $27\text{ ot}\cdot\text{s}^{-1}$ . 21. (a)  $24\text{ N}\cdot\text{m}$ , v kladném směru osy  $y$ ; (b)  $24\text{ N}\cdot\text{m}$ ,  $-y$ ; (c)  $12\text{ N}\cdot\text{m}$ ,  $+y$ ; (d)  $12\text{ N}\cdot\text{m}$ ,  $-y$ . 23. (a)  $(-1,5\mathbf{i} - 4,0\mathbf{j} - \mathbf{k})\text{ N}\cdot\text{m}$ ; (b)  $(-1,5\mathbf{i} - 4,0\mathbf{j} - \mathbf{k})\text{ N}\cdot\text{m}$ . 25.  $-2,0\mathbf{i}\text{ N}\cdot\text{m}$ . 27.  $9,8\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . 29. (a)  $12\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , směr  $+z$  (k nám); (b)  $3,0\text{ N}\cdot\text{m}$ , směr  $+z$  (k nám). 31. (a) 0; (b)  $(8,0\mathbf{i} + 8,0\mathbf{k})\text{ N}\cdot\text{m}$ . 33. (a) *mvd*; (b) nezmění se; (c) 0, změň se. 35. (a)  $3,15\cdot 10^{43}\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) moment hybnosti Jupitera 0,616. 37.  $4,5\text{ N}\cdot\text{m}$ , rovnoběžně s rovinou  $xy$  pod úhlem  $-63^\circ$  od osy  $+x$ . 39. (a) 0; (b) 0; (c)  $30t^3\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $90t^2\text{ N}\cdot\text{m}$ , obojí ve směru  $-z$ ; (d)  $30t^3\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $90t^2\text{ N}\cdot\text{m}$ , obojí ve směru  $+z$ . 41. (a)  $\frac{1}{2}mgt^2v_0 \cos \theta_0$ ; (b)  $mgtv_0 \cos \theta_0$ ; (c)  $mgtv_0 \cos \theta_0$ . 43. (a)  $-1,47\text{ N}\cdot\text{m}$ ; (b) 20,4 rad; (c)  $-29,9\text{ J}$ ; (d) 19,9 W. 45. (a)  $12,2\text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; (b)  $308\text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , dolů. 47. (a)  $1/3$ ; (b)  $1/9$ . 49.  $\omega_0 R_1 R_2 I_1 / (I_1 R_2^2 + I_2 R_1^2)$ . 51. (a)  $3,6\text{ ot/s}$ ; (b) 3,0; (c) člověk konal práci, aby závaží přiblížil k ose rotace. 53. (a) 267 ot/min; (b) 2/3. 55. 3,0 min. 57.  $2,6\text{ rad/s}$ . 59. (a) Obíhají po kružnici o poloměru 1,5 m úhlovou rychlostí 0,93 rad/s; (b) 8,4 rad/s; (c)  $K_a = 98\text{ J}$ ,  $K_b = 880\text{ J}$ ; (d) z práce vykonané vzájemným přitahováním bruslařů. 61.  $m'/(m' + m)(v/R)$ . 63. (a)  $m'vR/(I + mR^2)$ ; (b)  $m'vR^2/(I + mR^2)$ . 65.  $1\ 300\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 67. (a) 18 rad/s; (b) 0,92. 69.  $\theta = \arccos\left(1 - \frac{6m^2h}{l(2m + M)(3m + M)}\right)$ . 71.  $5,28\cdot 10^{-35}\text{ J}\cdot\text{s}$ . 73. Tři jsou otočeny nahoru, zbývající dolů. 75. (a) Velikost momentu hybnosti roste úměrně s  $t^2$  a velikost momentu síly roste úměrně s  $t$  ve shodě s větou o momentu hybnosti. (b) Velikost momentu hybnosti i velikost momentu síly opět rostou s časem, ale jejich změny za kteroukoliv dobu jsou z důvodu tření menší než v předchozím případě.

### Kapitola 13

**KONTROLY** 1. *c, e, f*. 2. (a) Ne; (b) do místa, kde

působí síla  $F_1$  kolmo k rovině obrázku; (c) 45 N. 3. (a) Do bodu C, aby se vyloučily tam působící momenty sil; (b) plus; (c) minus; (d) stejně velké. 4. Ano — případ d. 5. (a) Stejně velký; (b) B; (c) B.

**OTÁZKY** 1. (a) Ano; (b) ano; (c) ano; (d) ne. 3. b.

5. (a) Ano; (b) ne; (c) ne (můžeme vyvážit momenty, ale síly pak budou nevyvážené). 7. *a, b a c* stejné, *d*.

9. (a) 20 N (kladka, která nese neznámou tíhu, je ve stejném postavení jako kladka, která nese známou tíhu 20 N);

(b) 25 N. 11. (a)  $\sin \theta$ ; (b) ponechat stejný; (c) zvětšit.

13. Stejně v tyčích A a B, menší v C.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 2; (b) 7. 3. (a) 2,5 m;

(b) 7,3°. 5. 120°. 7. 7920 N. 9. (a) 840 N;

(b) 530 N. 11. 0,536 m. 13. (a) 2 770 N; (b) 3 890 N.

15. (a) 1 160 N směrem dolů; (b) 1 740 N směrem nahoru; (c) levá je natahována, pravá je stlačována. 17. (a) 280 N;

(b) 880 N pod úhlem 71° směrem vzhůru od vodorovné roviny. 19. Tyče BC, CD a DA jsou namáhány tahem o velikosti *T*, úhlopříčné tyče AC a BD tlakem o velikosti  $T\sqrt{2}$ .

21. (a) 8 830 N; (b) 4 030 N; (c) 6 240 N.

23. (a) 49 N; (b) 28 N; (c) 57 N, 29°. 25. (a) 1 900 N vzhůru; (b) 2 100 N dolů. 27. (a) 340 N; (b) 0,88 m;

(c) vzrůstá; (d) klesá. 29.  $F = G\sqrt{2rh - h^2}/(r - h)$ .

31. (a)  $d/2$ ; (b)  $d/4$ ; (c)  $d/6$ ; (d)  $d/8$ ; (e)  $25d/24$ .

33. (a) 6 630 N; (b)  $F_h = 5 740$  N; (c)  $F_v = 5 960$  N.

35. 2,20 m. 37. (a) 1,50 m; (b) 433 N; (c) 250 N.

39. (a)  $a_1 = d/2$ ,  $a_2 = 5d/8$ ,  $h = 9d/8$ ;

(b)  $b_1 = 2d/3$ ,  $b_2 = d/2$ ,  $h = 7d/6$ . 41. (a) 173 N;

(b) 521 N; (c) 313 N. 43. (a) 445 N; (b) 0,50; (c) 315 N.

45. (a) 3,9 m·s<sup>-2</sup>; (b) 2 000 N na každé zadní kolo, 3 500 N na každé přední kolo; (c) 790 N na každé zadní kolo, 1 410 N na každé přední kolo. 47. (a) 1,9·10<sup>-3</sup>; (b) 1,3·10<sup>7</sup> Pa;

(c) 6,9·10<sup>9</sup> Pa. 49. 3,1 cm. 51. 2,4·10<sup>9</sup> Pa.

53. (a) 1,8·10<sup>7</sup> N; (b) 1,4·10<sup>7</sup> N; (c) 16. 55. (a) 867 N;

(b) 143 N; (c) 0,165.

## Kapitola 14

### KONTROLY

1. Všechny působí stejnou silou.

2. (a) (1), (2) společně se (4), nakonec (3); (b) k úsečce

délky *d*. 3. Záporný směr osy *y*. 4. (a) Roste;

(b) záporná. 5. (a) 2; (b) 1. 6. (a) Po dráze 1 (menší

energie *E* odpovídá menší délce poloosy *a*); (b) menší

(menší délka poloosy *a* odpovídá kratší oběžné době *T*).

**OTÁZKY** 1. (a) Mezi nimi, blíže k ležící částici; (b) ne;

(c) ne (různý od nekonečna). 3.  $3GM^2/d^2$ , doleva.

5. (b), (a) společně s (c) a potom (d). 7. *b, a, c*.

9. (a) Záporná; (b) záporná; (c) kladná; (d) všechno stejné.

11. (a) Všechny stejné; (b) všechny stejné. 13. (a) Stejně;

(b) větší.

### CVIČENÍ A ÚLOHY

1. 19 m. 3. 2,16. 5. 1/2.

7. 3,4·10<sup>5</sup> km. 9. 3,7·10<sup>-5</sup> N v kladném směru osy *y*.

11.  $M = m$ . 13. 3,2·10<sup>-7</sup> N. 15.  $(GM/d^2) \cdot$

$(1 - 1/\{8(1 - R/2d)^2\})$ . 17. 2,6·10<sup>6</sup> m.

19. (a) 1,3·10<sup>12</sup> m·s<sup>-2</sup>; (b) 1,6·10<sup>6</sup> m·s<sup>-1</sup>. 21. (a) 17 N;

(b) 2,5 $R_Z$ . 23. (b) 1,9 h. 27. (a)  $a_{g0} =$

$(3,03 \cdot 10^{43} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2})/M_{\xi}$ ; (b) klesající; (c) 9,82 m·s<sup>-2</sup>;

(d) 7,30·10<sup>-15</sup> m·s<sup>-2</sup>; (e) ne. 29. 7,91 km·s<sup>-1</sup>.

31. (a)  $(3,0 \cdot 10^{-7} \text{ m})$  N; (b)  $(3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m})$  N;

(c)  $(6,7 \cdot 10^{-7} \text{ mr})$  N. 33. (a) 9,83 m·s<sup>-2</sup>; (b) 9,84 m·s<sup>-2</sup>;

(c) 9,79 m·s<sup>-2</sup>. 35. (a)  $-1,4 \cdot 10^{-4}$  J; (b) nižší;

(c) kladnou; (d) záporná. 37. (a) 0,74; (b) 3,7 m·s<sup>-2</sup>;

(c) 5,0 km·s<sup>-1</sup>. 39. (a)  $E_M = 0,045$   $1E_Z$ ;

(b)  $E_J = 28,5E_Z$ . 41.  $-GmM_Z/R$ ;  $-GmM_M/r$ .

43. (a) 5,0·10<sup>-11</sup> J; (b)  $-5,0 \cdot 10^{-11}$  J. 45. (a) 1 700 m·s<sup>-1</sup>;

(b) 250 km; (c) 1 400 m·s<sup>-1</sup>. 47. (a) 2,2·10<sup>-7</sup> rad·s<sup>-1</sup>;

(b) 90 km·s<sup>-1</sup>. 49. 6,4·10<sup>6</sup> m. 51. (a)  $-1,67 \cdot 10^{-8}$  J;

(b) 0,56·10<sup>-8</sup> J. 55. 6,5·10<sup>23</sup> kg. 57. 5·10<sup>10</sup>.

59. (a) 7,82 km·s<sup>-1</sup>; (b) 87,5 min. 61. (a) 6 640 km;

(b) 0,013 6. 63. (a) 39,5 AU<sup>3</sup>·y<sup>-2</sup>· $M_S^{-1}$ ; (b)  $T^2 = r^3/M_S$ .

65. (a) 1,9·10<sup>13</sup> m; (b) 3,5 $R_p$ . 67. Na jih, 35,4° nad

obzor. 71.  $2\pi r^{3/2}/\sqrt{G(M+m/A)}$ . 73.  $\sqrt{GM/a}$ .

75. (a) 2,8 y; (b) 1,0·10<sup>-4</sup>. 77. (a) 1/2; (b) 1/2;

(c) B, o 1,1·10<sup>8</sup> J. 79. (a) 54 km·s<sup>-1</sup>; (b) 960 m·s<sup>-1</sup>;

(c)  $R_p/R_a = v_a/v_p$ . 81. (a) 4,6·10<sup>5</sup> J; (b) 260krát

větší. 83. (a) 7,5 km·s<sup>-1</sup>; (b) 97 min; (c) 410 km;

(d) 7,7 km·s<sup>-1</sup>; (e) 92 min; (f) 32·10<sup>-3</sup> N; (g) považujeme-li

systém družice+Země za izolovaný, zachovává se jeho

moment hybnosti. 85. (a) 5 540 s; (b) 7,68 km·s<sup>-1</sup>;

(c) 7,60 km·s<sup>-1</sup>; (d) 5,78·10<sup>10</sup> J; (e)  $-11,8 \cdot 10^{10}$  J;

(f)  $-6,02 \cdot 10^{10}$  J; (g) 6,63·10<sup>6</sup> m; (h) 170 s, nová dráha.

87. (a)  $(-7,0 \text{ mm})\mathbf{i} + (3,0 \text{ cm})\mathbf{j}$ ; (b)  $(-0,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})\mathbf{i} +$

$(0,40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})\mathbf{j}$ . 89. (a)  $\Delta v = 2,7 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ;

$\Delta E = 6 \cdot 0 \cdot 10^{11} \text{ J}$ ; (b)  $\Delta v = 2,5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $\Delta E = 4 \cdot 3 \cdot 10^{11} \text{ J}$ .

## Kapitola 15

### KONTROLY

1. Všechny stejné. 2. (a) Všechny stejné;

(b) 0,95 $\varrho_0$ ,  $\varrho_0$ , 1,1 $\varrho_0$ . 3. 13 cm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> směrem ven.

4. (a) Všude stejný; (b) 1, pak 2 a 3 stejná, 4; (c) 4, 3, 2, 1.

**OTÁZKY** 1. *e*, pak *b a d* stejná, pak *a a c* stejná.

3. (a) (1), (3), (2); (b) všude stejný; (c) ne (k tíze, která by

se projevila výchylkou vah, přispívá i tlak na stěny nádob).

5. (3), (4), (1), (2). 7. (a) Klesne; (b) klesne; (c) zůstane

stejná. 9. (a), (b) Stejně, zdánlivá váha (příklad 5.11a)

jak vody, tak i dřeva zůstává stejná; (c), (d) stejně; zdánlivá

váha (př. 5.11b, c) při (c) vzroste, při (d) klesne, ale stejně

pro vodu i dřevo. 11. (a) Blok 1 proti směru otáčení

hodinových ručiček, blok 2 ve směru; (b) blok 1 se ještě více

vychýlí, blok 2 se narovná.

### CVIČENÍ A ÚLOHY

1. 1 000 kg·m<sup>-3</sup>. 3. 1,1·10<sup>5</sup> Pa

neboli 1,1 atm. 5. 2,9·10<sup>4</sup> N. 7. 5,0·10<sup>4</sup> Pa.

9. 1,90·10<sup>4</sup> Pa. 11. 5,4·10<sup>4</sup> Pa. 13. 0,52 m.

15. (a) 6,06·10<sup>9</sup> N; (b) 20 atm, nemůže. 17. 0,412 cm.

19.  $(1/4)\varrho g S(h_2^2 - h_1^2)^2$ . 21. 44 km. 23. (a)  $\varrho g d h^2/2$ ;

(b)  $\varrho g d h^3/6$ ; (c)  $h/3$ . 25. (a) 2,2; (b) 2,4.

27.  $-3,9 \cdot 10^{-3}$  atm. 29. (a)  $F_1 S_2/S_1$ ; (b) 100 N.

31. 1 070 g. 33. 1,5 g/cm<sup>3</sup>. 35. 600 kg/m<sup>3</sup>.

37. (a) 670 kg/m<sup>3</sup>; (b) 740 kg/m<sup>3</sup>. 39. 390 kg;

helium je nehořlavé. 41. (a) 1,2 kg; (b) 1 300 kg/m<sup>3</sup>.

43.  $0,126 \text{ m}^3$ . 45. Pět. 47. (a)  $1,80 \text{ m}^3$ ; (b)  $4,75 \text{ m}^3$ .  
 49.  $2,79 \text{ g/cm}^3$ . 51. (a)  $9,4 \text{ N}$ ; (b)  $1,6 \text{ N}$ . 53.  $4,0 \text{ m}$ .  
 55.  $9,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 57.  $45 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . 59. (a)  $2,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b)  $245 \text{ Pa}$ . 61. (a)  $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $84\cdot 10^3 \text{ Pa}$ .  
 63.  $1,17\cdot 10^{-4} \text{ J}$ . 65. (a) 2; (b)  $1/2$ ; (c) musí se  
 snížit na hodnotu  $h_2 = h_1/4$ . 67.  $116 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 69. (a)  $6,4 \text{ m}^3$ ; (b)  $5,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $9,8\cdot 10^4 \text{ Pa}$ . 71.  $560 \text{ Pa}$ ;  
 (b)  $5,0\cdot 10^4 \text{ N}$ . 73.  $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 75. (b)  $H - h$ ; (c)  $H/2$ .  
 77. (b)  $22\cdot 10^{-3} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . 79. (b)  $63,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### Kapitola 16

- KONTROLY** 1. (a)  $-x_m$ ; (b)  $+x_m$ ; (c) 0. 2. Vztah (a).  
 3. (a) 5 J; (b) 2 J; (c) 5 J. 4. Vesměs stejná perioda  
 (v rov. (16.32) je  $m$  zahrnuto v  $I$ ). 5. 1, 2, 3 (význam má  
 poměr  $m/b$ , nikoliv  $b$ ).  
**OTÁZKY** 1. Vztah (c). 3. (a) 0; (b) mezi 0 a  $+x_m$ ;  
 (c) mezi  $-x_m$  a 0; (d) mezi  $-x_m$  a 0. 5. (a) Směrem  
 k  $-x_m$ ; (b) směrem k  $+x_m$ ; (c) mezi  $-x_m$  a 0; (d) mezi  $-x_m$   
 a 0; (e) rychlost se zvětšuje, velikost rychlosti zmenšuje;  
 (f) rychlost i velikost rychlosti se zvětšují. 7. (a) (3),  
 (2), (1); (b) vesměs stejná frekvence. 9. (3), (2), (1).  
 11. Oscilátor s pružinou A. 13. (c), (a); „kyvadlo“ (b) se  
 nekýve, ale otáčí se dokola. 15. (a), (b), (c) zůstane stejný;  
 (d), (e) zmenší se; (f), (g) nebude kývat, ale otáčet se.

- CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 0,50 s; (b) 2,0 Hz;  
 (c) 18 cm. 3. (a) 245 N/m; (b) 0,284 s. 5. 708 N/m.  
 7.  $f > 500 \text{ Hz}$ . 9. (a) 100 N/m; (b) 0,45 s.  
 11. (a)  $6,28\cdot 10^5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 1,59 mm. 13. (a) 1,0 mm;  
 (b)  $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $570 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 15. (a)  $1,29\cdot 10^5 \text{ N/m}$ ;  
 (b) 2,68 Hz. 17. (a) 4,0 s; (b)  $\frac{\pi}{2} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c) 0,37 cm;  
 (d)  $(0,37 \text{ cm}) \cos \frac{\pi}{2} t$ ; (e)  $(-0,58 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}) \sin \frac{\pi}{2} t$ ;  
 (f)  $0,58 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (g)  $0,91 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (h) 0; (i)  $0,58 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 19. (b) 12,47 kg; (c) 54,43 kg. 21. 1,6 kg. 23. (a) 1,6 Hz;  
 (b)  $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 0; (c)  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  $\pm 10 \text{ cm}$ ; (d)  $(-10 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1})x$ .  
 25. 22 cm. 27. (a) 25 cm; (b) 2,2 Hz. 29. (a) 0,500 m;  
 (b)  $-0,251 \text{ m}$ ; (c)  $3,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 31. (a) 0,183 a;  
 (b) ve stejném směru. 37. (a)  $k_1 = (n + 1)k/n$ ,  
 $k_2 = (n + 1)k$ ; (b)  $f_1 = f\sqrt{(n + 1)/n}$ ,  
 $f_2 = f\sqrt{n + 1}$ . 39. (b) 42 min. 41. (a) 200 N/m;  
 (b) 1,39 kg; (c) 1,91 Hz. 43. (a) 130 N/m; (b) 0,62 s;  
 (c) 1,6 Hz; (d) 5,0 cm; (e)  $0,51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 45. (a) 3/4;  
 (b)  $1/4$ ; (c)  $x_m/\sqrt{2}$ . 47. (a) 3,5 m; (b) 0,75 s.  
 49. (a) 0,21 m; (b) 1,6 Hz; (c) 0,10 m. 51. (a) 0,062 5 J;  
 (b) 0,031 25 J. 53. 12 s. 55. (a) 39,5 rad/s;  
 (b) 34,2 rad/s; (c)  $124 \text{ rad/s}^2$ . 57. (a) 8,3 s;  
 (b) ne. 59.  $9,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 61. 8,77 s. 63. 5,6 cm.  
 65.  $2\pi\sqrt{(R^2 + 2d^2)/2gd}$ . 67. (a)  $0,205 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ;  
 (b) 47,7 cm; (c) 1,50 s. 71.  $2\pi\sqrt{(L^2 + 12x^2)/(12gx)}$ ;  
 (b) 0,289 m. 73. 9,78  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 75.  $2\pi\sqrt{m/(3k)}$ .  
 77.  $\frac{1}{2\pi}(\sqrt{g^2 + v^4/R^2/L})^{1/2}$ . 79. (b) menší.  
 81. (a) 2,0 s; (b) 18,5 N·m/rad. 83. 0,29 L.  
 85. 2,59krát. 87. (a) 0,102 kg/s; (b) 0,137 J.  
 89.  $k = 490 \text{ N/cm}$ ,  $b = 1100 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . 91. 1,9 in.  
 93. (a)  $y_m = 8,8\cdot 10^{-4} \text{ m}$ ,  $T = 0,18 \text{ s}$ ,  $\omega = 35 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ;

- (b)  $y_m = 5,6\cdot 10^{-2} \text{ m}$ ,  $T = 0,48 \text{ s}$ ,  $\omega = 13 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (c)  $y_m = 3,3\cdot 10^{-2} \text{ m}$ ,  $T = 0,31 \text{ s}$ ,  $\omega = 20 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### Kapitola 17

- KONTROLY** 1. 1  $\rightarrow$  (c); 2  $\rightarrow$  (a); 3  $\rightarrow$  (b). 2. (a) (2),  
 (3), (1); (b) (3), pak společně (1) a (2). 3. (a). 4.  $0,20\lambda$   
 a  $0,80\lambda$  společně, pak 0,60 $\lambda$ ; 0,45 $\lambda$ . 5. (a) (1); (b) (3);  
 (c) (2). 6. (a) 75 Hz; (b) 525 Hz.  
**OTÁZKY** 1. 7d. 3. Společně A a B, pak  
 C, D. 5. Částečná (blíže k destruktivní interferenci).  
 7. (a) a (d) společně, pak (b) a (c) společně. 9. (a) 8;  
 (b) kmitná; (c) delší; (d) nižší. 11. (a) Celočíslné násobky  
 3; (b) uzel; (c) uzel. 13. Struna A. 15. Snížení.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 75 Hz; (b) 13 ms.  
 3. (a)  $7,5\cdot 10^{14} \text{ Hz}$  až  $4,3\cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ; (b) 1,0 m až 200 m;  
 (c)  $6,0\cdot 10^{16} \text{ Hz}$  až  $3,0\cdot 10^{19} \text{ Hz}$ . 5.  $y = 0,010 \sin\{\pi(3,33x +$   
 $+ 1100t)\}$ , kde  $x$  a  $y$  jsou v metrech a  $t$  v sekundách.  
 11. (a)  $z = 3,0 \sin(60y - 10\pi t)$ , kde  $z$  je udáno  
 v mm,  $y$  v cm a  $t$  v sekundách; (b)  $9,4 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 13. (a)  $y = 2,0 \sin\{2\pi(0,10x - 400t)\}$ , kde  $x$  a  $y$  jsou  
 udány v cm a  $t$  v sekundách; (b)  $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 15. (b)  $2,0 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $y = (4,0 \text{ cm}) \sin\{\pi(x/10 - t/5 + 1)\}$ ,  
 kde  $x$  je udáno v cm a  $t$  v sekundách; (d)  $-2,5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 17. 129  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 19. 135 N. 23. (a) 15  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b) 0,036 N. 25.  $y = 0,12 \sin(141x + 628t)$ , kde  $y$  je  
 v mm,  $x$  v metrech a  $t$  v sekundách. 27. (a) 5,0 cm;  
 (b) 40 cm; (c)  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d) 0,033 s; (e)  $9,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (f)  $5,0 \sin(16x + 190t + 0,79)$ , kde  $x$  je v metrech,  $y$   
 v cm a  $t$  v sekundách. 29. (a)  $v_1 = 28,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  
 $v_2 = 22,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $M_1 = 187,5 \text{ g}$ ,  $M_2 = 312,5 \text{ g}$ .  
 31. (a)  $\sqrt{k(\Delta l)(l + \Delta l)/m}$ . 33. (a)  $P_2 = 2P_1$ ;  
 (b)  $P_2 = P_1/4$ . 35. (a) 3,77  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b) 12,3 N;  
 (c) nula; (d) 46,3 W; (e) nula; (f) nula; (g)  $\pm 0,50 \text{ cm}$ .  
 37. 82,8°, 1,45 rad, 0,23 vlnových délek. 39. 5,0 cm.  
 41. (a) 4,4 mm; (b) 112°. 43. (a)  $0,83y_1$ ; (b) 37°.  
 45. (a)  $2f_3$ ; (b)  $\lambda_3$ . 47. 10 cm. 49. (a)  $82,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b) 16,8 m; (c) 4,88 Hz. 51. 240 cm, 120 cm, 80 cm.  
 53. 7,91 Hz, 15,8 Hz, 23,7 Hz. 55. Ano, dvě rezonanční  
 frekvence  $f_{1A} = f_{4B}$ ,  $f_{2A} = f_{8B}$ . 57. (a) 2,0 Hz,  
 200 cm,  $400 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $x = 50 \text{ cm}$ , 150 cm, 250 cm  
 atd.; (c)  $x = 0$ , 100 cm, 200 cm atd. 63. (a) 1,3 m;  
 (b)  $y' = 0,002 \sin(9,4x) \cos(3800t)$ , kde  $x$  a  $y$  jsou  
 v metrech a  $t$  v sekundách. 67. (b) V kladném směru  
 osy  $x$ ; výměna amplitud původních dvou postupných vln;  
 (c) největší v  $x = \lambda/4 = 6,26 \text{ cm}$ ; nejmenší v  $x = 0$  a  $x =$   
 $= \lambda/2 = 12,5 \text{ cm}$ ; (d) největší amplituda 4,0 mm odpovídá  
 součtu amplitud původních postupných vln; nejmenší  
 amplituda 1,0 mm odpovídá absolutní hodnotě jejich rozdílu.
- Kapitola 18**  
**KONTROLY** 1. Začíná klesat (příklad: posuňte  
 myšleně křivky v obr. 18.6 doprava za bod  $x = 42 \text{ m}$ ).  
 2. (a) Plně konstruktivní,  $m = 0$ ; (b) plně destruktivní,  
 $m = 4$ . 3. (a) 1 a 2 stejná, pak 3; (b) 3, pak 1 a 2

stejná. 4. Druhá. 5. Povolit. 6. (a) větší; (b) menší; (c) ani (d) nelze rozhodnout; (e) větší; (f) menší.

7. (a)  $222 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $+20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**OTÁZKY** 1. Pulz podél dráhy 2. 3. (a) 2,0 vlnové délky; (b) 1,5 vlnové délky; (c) plně konstruktivní, plně destruktivní. 5. (a) V protifázi; (b) v protifázi. 7. 70 dB.

9. (a) Dva; (b) kmitna. 11. Všechny liché harmonické.

13. Buď 501 Hz, 503 Hz a 508 Hz, anebo 505 Hz, 507 Hz a 508 Hz.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) Skutečná vzdálenost je asi o 3 % větší; (b) počet sekund dělit 4,7 (skutečná vzdálenost je o necelé 1 % větší) nebo násobit 0,21 (o 1,5 % menší). 3. Posluchač rádia, přibližně o 0,85 s.

5.  $7,9\cdot 10^{10} \text{ Pa}$ . 7.  $9,9992 \text{ cm} < x < 10,0007 \text{ cm}$ ;

$15,5751 \mu\text{s} < t < 15,5775 \mu\text{s}$ . Chyba nesmí překročit  $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{6420} \doteq 0,07\%$ . 9. 43,5 m. 11. 40,7 m.

13. 100 kHz. 15. (a) 2,29 kHz, 0,229 kHz, 22,9 kHz;

(b) 1,14 kHz, 0,114 kHz, 11,4 kHz. 17. (a)  $6,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;

(b)  $y = 0,30 \sin\{\pi(x/12 + 50t)\}$ , kde  $x$  a  $y$  jsou v cm a  $t$  v sekundách. 19. 4,12 rad. 21. (a)  $343(1 + 2m) \text{ Hz}$ , kde  $m$  je celé číslo od 0 do 28; (b)  $686m \text{ Hz}$ , kde  $m$  je celé číslo od 1 do 29. 23. (a) Osm; (b) osm. 25. 64,7 Hz, 129 Hz.

27. (a)  $0,080 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (b)  $0,013 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . 29. 36,8 nm.

31. (a) 1000krát; (b) 32krát. 33. (a)  $39,7 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ;

(b) 171 nm; (c) 0,893 Pa. 35. (a) 59,7; (b)  $2,81\cdot 10^{-4}$ .

37.  $s_m \sim r^{-1/2}$ . 39. (a) 5000; (b) 71; (c) 71.

41. 171 m. 43. 3,16 km. 45. (a) 5200 Hz;

(b)  $a_{ZAD}/a_{ZBD} = 2$ . 47. 20 kHz. 49. Čtyřikrát.

51. Při výšce vodního sloupce  $\frac{7}{8} \text{ m}$ ,  $\frac{5}{8} \text{ m}$ ,  $\frac{3}{8} \text{ m}$ ,  $\frac{1}{8} \text{ m}$ .

53. (a) 5,0 cm od jednoho konce; (b) 1,2; (c) 1,2.

55. (a) 1130 Hz, 1500 Hz a 1880 Hz. 57. (a) 230 Hz;

(b) vyšší. 59. (a) Uzel; (c) 22 s. 61. 387 Hz.

63. 0,02. 65. 3,8 Hz. 67. (a) 612 km/h od majitelky

psa; (b) 124 km/h od majitelky. 69.  $4,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

71.  $2,6\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 73. (a) 77,6 Hz; (b) 77,0 Hz.

75. 33,0 km. 79. (a) 970 Hz; (b) 1030 Hz;

(c) 60 Hz, ne. 81. (a) 1,02 kHz; (b) 1,04 kHz.

83.  $1540 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 85. 41 kHz. 87. (a) 2,0 kHz;

(b) 2,0 kHz. 89. (a) 485,8 Hz; (b) 500,0 Hz; (c) 486,2 Hz;

(d) 500,0 Hz. 91.  $1\cdot 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , vzdaluje se. 93. 0,13c.

## Kapitola 19

**KONTROLY** 1. (a) Všechny stejné; (b)  $50^\circ\text{X}$ ,  $50^\circ\text{Y}$ ,  $50^\circ\text{W}$ .

2. (a) (2) a (3) stejný, pak (1), pak (4); (b) (3), (2), potom

(1) a (4) stejný. 3. Materiál A. 4.  $c$  a  $e$ . 5. (a) Nula;

(b) záporné. 6.  $b$  a  $d$  stejné, pak  $a$ ,  $c$ .

**OTÁZKY** 1.  $25^\circ\text{S}$ ,  $25^\circ\text{U}$ ,  $25^\circ\text{R}$ . 3.  $c$ , ostatní stejné.

5. B, potom A a C stejné. 7. (a) Oba ve směru otáčení

hodinových ručiček; (b) oba ve směru otáčení hodinových

ručiček. 9.  $c$ ,  $a$ ,  $b$ . 11. Nahoru (při kapalně vodě vně

a zespodu je  $\Delta T = 0$  horizontálně i dolů). 13. Při teplotě

svých prstů. 15. (3), (2), (1).

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. 2,71 K. 3. 0,05 kPa, dusík.

5. (a)  $320^\circ\text{F}$ ; (b)  $-12,3^\circ\text{F}$ . 7. (a)  $-96^\circ\text{F}$ ; (b)  $56,7^\circ\text{C}$ .

9. (a)  $-40^\circ\text{C}$ ; (b) 575 K; (c) Celsiova a Kelvinova teplota

nemohou nabývat stejné hodnoty. 11. (a)  $[A] =$

$= \text{s}^{-1}$ . 13. 1,00022krát, tj. o  $4,4\cdot 10^{-3} \text{ cm}$ .

15. 0,038 in = 0,97 mm. 17. (a) 9,996 cm; (b)  $68^\circ\text{C}$ .

19. O 170 km. 21. O 0,32  $\text{cm}^2$ . 23. Vzroste

o  $29 \text{ cm}^3$ . 25. O 0,432  $\text{cm}^3$ . 27. Při  $-157^\circ\text{C}$ . 29. Při

$360^\circ\text{C}$ . 35. +0,68 s za hodinu. 37. (b) Použijte

$39,3 \text{ cm}$  oceli a  $13,1 \text{ cm}$  mosazi. 39. (a)  $523 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;

(b) 0,600 mol, tedy  $3,61\cdot 10^{23}$  molekul; (c)  $26,2 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

41. 94,61. 43. 109 g. 45. 1,30 MJ. 47. 1,9krát větší.

49. (a) 33,9 Btu; (b)  $95,6^\circ\text{C}$ . 51. (a) 52 MJ; (b)  $0^\circ\text{C}$ .

53. (a) 411 g; (b) 23 hal. 55.  $0,41 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

57. 3,0 min. 59. 73 kW. 61. 2,17 g. 63. 33  $\text{m}^2$ .

65. 33 g. 67. (a)  $0^\circ\text{C}$ ; (b)  $2,5^\circ\text{C}$ . 69.  $2500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

71.  $a$ : 120 J,  $b$ : 75 J,  $c$ : 30 J. 73. (a)  $-200 \text{ J}$ ;

(b)  $-293 \text{ J}$ ; (c)  $-93 \text{ J}$ . 75.  $-5,0 \text{ J}$ . 77. 33,3 kJ.

79.  $766^\circ\text{C}$ . 81. (a)  $1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,  $0,70 \text{ Btu}/(\text{ft}\cdot\text{F}\cdot\text{h})$ ;

(b)  $0,030 \text{ ft}^2\cdot\text{F}\cdot\text{h}\cdot\text{Btu}^{-1}$ . 83.  $1660 \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ . 87. Uspořá-

dání b. 89. (a) 2,0 MW; (b) 220 W. 91. (a)  $17 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ ;

(b)  $18 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . 93.  $-6,1 \text{ nW}$ . 95.  $0,40 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ .

97. Cu-Al:  $84,3^\circ\text{C}$ ; Al-mosaz:  $57,6^\circ\text{C}$ .

## Kapitola 20

**KONTROLY** 1. Všechny kromě  $c$ . 2. (a) Všechny

stejně; (b) 3, 2, 1. 3. U plynu A. 4. 5 (největší

změna  $T$ ), potom společně 1, 2, 3, 4. 5. 1, 2, 3, 4;  $Q_4 < 0$

při izochorickém chlazení,  $Q_3 = 0$ ,  $Q_2$  se změnil v práci  $W_2$ ,

ale  $Q_1$  se změnil ve větší práci  $W_1$  a zvýšil teplotu plynu.

**OTÁZKY** 1. Vzroste, ale mnohem méně než na

dvojnásobek (jsou zadány  $^\circ\text{C}$ , ale je třeba dosazovat K).

3. (a), (c), (b). 5. 1180 J. 7.  $d$ , potom společně  $a$  a  $b$ ,

potom  $c$ . 9. Izochorický děj. 11. (a) Stejná; (b) vzroste;

(c) poklesne; (d) vzroste. 13.  $-4 \text{ J}$ . 15. (a) 1:

víceatomové; 2: dvojatomové; 3: jednoatomové; (b) větší.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a) 0,0127; (b)  $7,65\cdot 10^{21}$ .

3. Asi 6600 molekul. 5. Počet molekul v inkoustu

je asi  $3\cdot 10^{16}$ ; počet tvorů by byl asi  $6\cdot 10^{20}$ , tedy zhruba

20000krát větší. 7. (a)  $5,47\cdot 10^{-8} \text{ mol}$ ; (b)  $3,29\cdot 10^{16}$ .

9. (a) 106 mol; (b)  $0,892 \text{ m}^3$ . 11.  $27,0 \text{ lb}\cdot\text{in}^{-2}$ .

13. (a)  $2,5\cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ ; (b) 1,2 kg. 15. 5600 J. 17. 1/5.

19. (a) Zmenší se o 45 J; (b) 180 K. 21.  $100 \text{ cm}^3$ .

23.  $198^\circ\text{F}$ . 25.  $2,0\cdot 10^5 \text{ Pa}$ . 27.  $180 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

29.  $9,53\cdot 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 31.  $313^\circ\text{C}$ . 33. 1,9 kPa.

35. (a) 0,0353 eV, 0,0483 eV; (b) 3400 J, 4650 J.

37.  $\Delta U = 5,21\cdot 10^{-26} \text{ J}$ ,  $\overline{E}_k = 5,65\cdot 10^{-21} \text{ J}$ ;  $\Delta U$  je

vůči  $\overline{E}_k$  zanedbatelná. 39. (a)  $6,75\cdot 10^{-20} \text{ J}$ ; (b) 1 : 10,7.

41. 0,32 nm. 43. 15 cm. 45. (a)  $3,27\cdot 10^{10}$ ; (b) 172 m.

47. (a) 22,41; (b) 1 : 2,25; (c)  $8,4\cdot 10^{-5} \text{ m}$ ; (d) stejné

jako v (c). 51. (a)  $3,2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $3,4 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ;

(c)  $4,0 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . 53. (a)  $v_P$ ,  $v_{ef}$ ,  $\bar{v}$ ; (b) pořadí je

opačné. 55. (a)  $1,0\cdot 10^4 \text{ K}$ ,  $1,6\cdot 10^5 \text{ K}$ ; (b) 440 K,

7000 K; (c) kyslík. 57. 4,7. 59. (a)  $2N/(3v_0)$ ;

(b)  $N/3$ ; (c)  $1,22v_0$ ; (d)  $1,31v_0$ . 61.  $RT \ln(V_f/V_i)$ .

63. (a) 15,9 J; (b)  $33,4 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (c)  $26,1 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

65.  $(n_1 C_1 + n_2 C_2 + n_3 C_3) / (n_1 + n_2 + n_3)$ . 67. (a)  $-5,0 \text{ kJ}$ ;  
 (b)  $2,0 \text{ kJ}$ ; (c)  $5,0 \text{ kJ}$ . 69. (a)  $0,375 \text{ mol}$ ; (b)  $1090 \text{ J}$ ;  
 (c)  $0,714$ . 71. (a)  $p_f = 14 \text{ atm}$ ; (b)  $T_f = 620 \text{ K}$ .  
 79.  $0,63$ . 81. (a) Jednoatomový; (b)  $2,7 \cdot 10^4 \text{ K}$ ;  
 (c)  $4,5 \cdot 10^4 \text{ mol}$ ; (d)  $3,4 \text{ kJ}$ ,  $340 \text{ kJ}$ ; (e)  $0,01$ . 83.  $5 \text{ m}^3$ .  
 85. (a) Hodnoty v pořadí  $Q$ ,  $\Delta E_{\text{int}}$ ,  $W$ : děj  $1 \rightarrow 2$ :  $3740 \text{ J}$ ,  
 $3740 \text{ J}$ ,  $0$ ; děj  $2 \rightarrow 3$ :  $0$ ,  $-1810 \text{ J}$ ,  $1810 \text{ J}$ ; děj  $3 \rightarrow 1$ :  
 $-3220 \text{ J}$ ,  $-1930 \text{ J}$ ,  $-1290 \text{ J}$ ; celý cyklus:  $520 \text{ J}$ ,  $0$ ,  $520 \text{ J}$ ;  
 (b)  $V_2 = 0,0246 \text{ m}^3$ ,  $p_2 = 2p_1$ ,  $V_3 = 0,0373 \text{ m}^3$ ,  
 $p_3 = p_1 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Kapitola 21

KONTROLY 1. (a), (b), (c). 2. Menší. 3. (c), (b), (a).  
 4. (a), (d), (c), (b). 5. (b).

OTÁZKY 1. Nemění se. 3. *B, A, C, D*. 5. Je  
 stejná. 7. (a) Zůstává konstantní; (b) roste; (c) klesá.  
 9. (a) Zůstává konstantní; (b) roste; (c) klesá. 11. (a) 0;  
 (b)  $1/4$ ; (c)  $1/2$ .

CVIČENÍ A ÚLOHY 1.  $14,4 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ . 3. (a)  $9,22 \cdot 10^3 \text{ J}$ ;  
 (b)  $23,1 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (c)  $0$ . 5.  $5,79 \cdot 10^4 \text{ J}$ ;  $173 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ .  
 7. (a)  $14,6 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (b)  $30,2 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ . 9. (a)  $57,0^\circ\text{C}$ ;  
 (b)  $-22,1 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (c)  $+24,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (d)  $+2,8 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ .  
 13. (a)  $320 \text{ K}$ ; (b)  $0$ ; (c)  $+1,72 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ . 15.  $0,75 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ .  
 17. (a)  $-943 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (b)  $+943 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ ; (c) ano.  
 19. (a)  $3p_0V_0$ ; (b)  $6RT_0$ ,  $(3/2)R \ln 2$ ; (c) obě změny  
 jsou nulové. 21.  $31\%$ ;  $16 \text{ kJ}$ . 23. (a)  $23,6\%$ ;  
 (b)  $1,49 \cdot 10^4 \text{ J}$ . 25.  $-7,2^\circ\text{C}$ ;  $67,8^\circ\text{C}$ . 27. (a)  $1,47 \cdot 10^3 \text{ J}$ ;  
 (b)  $-5,54 \cdot 10^2 \text{ J}$ ; (c)  $9,18 \cdot 10^2 \text{ J}$ ; (d)  $62,4\%$ . 29. (a)  $2270 \text{ J}$ ;  
 (b)  $14800 \text{ J}$ ; (c)  $15,4\%$ ; (d)  $75,0\%$ , je větší. 31. (a)  $78\%$ ;  
 (b)  $81 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . 33. (a)  $p_2 = 3p_1$ ,  $V_2 = nRT_1/p_1$ ;  
 $p_4 = p_1/4^\gamma$ ,  $T_4 = T_1/4^{(\gamma-1)}$ ;  $p_3 = 3p_1/4^\gamma$ ,  
 $T_3 = 3T_1/4^{(\gamma-1)}$ ; (b)  $1 - 1/4^{(\gamma-1)}$ . 35. (a)  $21 \text{ J}$ .  
 37.  $440 \text{ W}$ . 39.  $186 \text{ W}$ . 41.  $\{1 - (T_2/T_1)\} / \{1 - (T_4/T_3)\}$ .  
 45. (a)  $W = N! / (n_1! n_2! n_3!)$ ;  
 (b)  $\{(N/2)!(N/2)! / \{(N/3)!(N/3)!(N/3)!\}$ ; (c)  $4,2 \cdot 10^{16}$ .

Kapitola 22

KONTROLY 1. C a D se přitahují; B a D se přitahují.  
 2. (a) Doleva; (b) doleva; (c) doleva. 3. (a) (1), (3), (2);  
 (b) menší. 4.  $-15e$  (celkový náboj  $-30e$  se rovnoměrně  
 rozdělí na obě koule).

OTÁZKY 1. Ne, platí pouze pro bodové náboje,  
 tělesa, která lze za bodové náboje považovat (např. ve  
 velkých vzdálenostech) a pro rovnoměrně nabitě kulové  
 vrstvy (včetně plných koulí). 3. (a) a (b). 5. Dvě  
 možnosti: jedna vlevo od částic, druhá mezi protony.  
 7.  $6Q^2 / (4\pi\epsilon_0 d^2)$ , doleva. 9. (a) Stejně; (b) menší;  
 (c) vyruší se; (d) nevyruší se; (e) kladný směr osy  $y$ ;  
 (f) záporný směr osy  $y$ ; (g) kladný směr osy  $x$ ; (h) záporný  
 směr osy  $x$ . 11. (a) *A, B* a *D*; (b) všechny čtyři; (c) spojit  
*A* a *D*; rozpojit je; pak spojit jednu z nich s *B*. (Existují  
 ještě dvě další řešení.) 13. (a) Může být, ale nemusí;  
 (b) musí být. 15. Stejná. 17. *D*.

CVIČENÍ A ÚLOHY 1.  $0,50 \text{ C}$ . 3.  $2,81 \text{ N}$  na každých

náboj. 5. (a)  $4,9 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$ ; (b)  $7,1 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ . 7.  $3F/8$ .  
 9. (a)  $1,60 \text{ N}$ ; (b)  $2,77 \text{ N}$ . 11. (a)  $Q_1 = 9Q_2$ ;  
 (b)  $Q_1 = -25Q_2$ . 13. Buď  $-1,00 \mu\text{C}$  a  $+3,00 \mu\text{C}$ ,  
 nebo  $+1,00 \mu\text{C}$  a  $-3,00 \mu\text{C}$ . 15. (a)  $36 \text{ N}$ ,  $-10^\circ$  od osy  
 $x$ ; (b)  $x = -8,3 \text{ cm}$ ,  $y = +2,7 \text{ cm}$ . 17. (a)  $5,7 \cdot 10^{13} \text{ C}$ ,  
 ne; (b)  $6,0 \cdot 10^5 \text{ kg}$ . 19. (a)  $Q_1 = -2\sqrt{2}Q_2$ ; (b) ne.  
 21.  $3,1 \text{ cm}$ . 23.  $2,89 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ . 25.  $-1,32 \cdot 10^{13} \text{ C}$ .  
 27. (a)  $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; (b) dvojmocné. 29. (a)  $8,99 \cdot 10^{-19} \text{ N}$ ;  
 (b)  $625$ . 31.  $5,1 \text{ m}$  pod elektronem. 33.  $1,3 \text{ d}$ .  
 35. (a)  $0$ ; (b)  $1,9 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ . 37.  $10^{18} \text{ N}$ . 39. (a)  $9 \text{ B}$ ;  
 (b)  $^{13}\text{N}$ ; (c)  $^{12}\text{C}$ . 41. (a)  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d^2} \alpha(1 - \alpha)$ ; (c)  $0,5$ ;  
 (d)  $0,15$  a  $0,85$ .

Kapitola 23

KONTROLY 1. (a) Doprava; (b) doleva; (c) doleva;  
 (d) doprava ( $p$  a  $e$  mají náboj o stejné velikosti,  $p$  je  
 vzdálenější). 2. Všechny stejné. 3. (a) V kladném  
 směru osy  $y$ ; (b) v kladném směru osy  $x$ ; (c) v záporném  
 směru osy  $y$ . 4. (a) Vlevo; (b) vlevo; (c) klesat.  
 5. (a) Všechny stejné; (b) stejné (1) a (3), potom stejné  
 (2) a (4).

OTÁZKY 1. (a) V kladném směru osy  $x$ ; (b) dolů  
 a doprava; (c) v bodě *A*. 3. Jsou dva takové body:  
 jeden vlevo od částic, druhý mezi protony. 5. (a) Ano;  
 (b) směrem k náboji; (c) ne (vektory intenzity nemají stejný  
 směr); (d) vyruší se; (e) zesílí se; (f) v záporném směru  
 osy  $y$ . 7. (a) (3), pak (1) a (2) stejné (nula); (b) všechny  
 stejné; (c) stejné (1) a (2), pak (3). 9. (a) Doprava;  
 (b) velikost rychlosti protonu  $p^+$  a mionu  $\mu^-$  stoupá,  
 pionu  $\pi^+$  klesá, neutronu  $n$  se nemění. 11. (a), (b),  
 (c). 13. (a) (4), (3), (1), (2); (b) (3), pak (1) a (4) stejný,  
 pak (2).

CVIČENÍ A ÚLOHY 1. (a)  $6,4 \cdot 10^{-18} \text{ N}$ ; (b)  $20 \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ .  
 3. Na obrázku doprava. 7.  $56 \text{ pC}$ . 9.  $3,07 \cdot 10^{21} \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ ,  
 radiálně směrem od jádra. 13. (a)  $Q / (8\pi\epsilon_0 d^2)$ ,  
 doleva;  $3Q / (\pi\epsilon_0 d^2)$ , doprava;  $7Q / 16(\pi\epsilon_0 d^2)$ , doleva.  
 15.  $0$ . 17.  $9 \text{ h } 30 \text{ min}$ . 19.  $E = (Q / \pi\epsilon_0 a^2)$ ,  
 podél osy souměrnosti směrem od trojúhelníku.  
 21.  $7,4Q / (4\pi\epsilon_0 d^2)$ , leží v prvním kvadrantu a svírá  
 s osou  $x$  úhel  $28^\circ$ . 23.  $6,88 \cdot 10^{-28} \text{ C}\cdot\text{m}$ . 25.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} (p/r^3)$ ,  
 antiparalelně s  $p$ . 29.  $R/\sqrt{2}$ . 31.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} (4Q/\pi R^2)$ ,  
 ve směru rostoucího  $y$ . 37. (a)  $0,10 \mu\text{C}$ ; (b)  $1,3 \cdot 10^{17}$ ;  
 (c)  $5,0 \cdot 10^{-6}$ . 39.  $3,51 \cdot 10^{15} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . 41.  $6,6 \cdot 10^{-15} \text{ N}$ .  
 43.  $2,03 \cdot 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ , svisle vzhůru. 45. (a)  $-0,029 \text{ C}$ ;  
 (b) koule by se vlivem odpuzivých sil roztrhla.  
 47. (a)  $1,92 \cdot 10^{12} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; (b)  $1,96 \cdot 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 49. (a)  $9,04 \cdot 10^{-16} \text{ kg}$ ; (b)  $120$ . 51.  $1,64 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  (asi  
 o  $3\%$  vyšší). 53. (a)  $0,245 \text{ N}$ , ve směru osy  $+x$ , ve  
 čtvrtém kvadrantu, svírá s osou  $x$  úhel  $11,3^\circ$ ; (b)  $x = 108 \text{ m}$ ,  
 $y = -21,6 \text{ m}$ . 55.  $27 \mu\text{m}$ . 57. (a) Ano; (b) na horní  
 desku,  $2,73 \text{ cm}$ . 59. (a)  $0$ ; (b)  $8,5 \cdot 10^{-22} \text{ N}\cdot\text{m}$ ; (c)  $0$ .  
 61.  $(1/2\pi)\sqrt{pEI}$ . 63. (a)  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2Qd^{-2}\alpha(1 + \alpha^2)^{-3/2}$ ;  
 (c)  $\alpha = 0,707$ ; (d)  $\alpha = 0,21$  a  $\alpha = 1,9$ .

## Kapitola 24

**KONTROLY** 1. (a)  $+ES$ ; (b)  $-ES$ ; (c) 0; (d) 0.  
 2. (a) (2); (b) (3); (c) (1). 3. (a) Stejný; (b) stejný;  
 (c) stejný. 4. (a)  $+50Q$ ; (b)  $-150Q$ . 5. 3 a 4 stejné,  
 potom 2, 1.

**OTÁZKY** 1. (a)  $8\text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-1}$ ; (b) 0. 3. (a) Všechny  
 stejné (nula); (b) všechny stejné. 5.  $+13Q/\varepsilon_0$ .  
 7. Všechny stejné. 9. Všechny stejné. 11.  $2\sigma$ ,  $\sigma$ ,  
 $3\sigma$  nebo  $3\sigma$ ,  $\sigma$ ,  $2\sigma$ . 13. (a) Všechny stejné ( $E = 0$ );  
 (b) všechny stejné. 15. (a) Stejný ( $E = 0$ ); (b) klesá;  
 (c) klesá (k nule); (d) stejný.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a)  $693\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $693\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (c)  $347\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (d)  $347\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (e)  $575\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 3. (a) 0; (b)  $-3,92\text{ N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{C}^{-1}$ ; (c) 0; (d) 0 pro každé  
 pole. 5. (a) Obklopuje  $2Q$  a  $-2Q$  nebo všechny  
 čtyři náboje; (b) obklopuje  $2Q$  a  $Q$ ; (c) není možné.  
 7.  $2,0\cdot 10^{-5}\text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-1}$ . 9.  $Q/(6\varepsilon_0)$ . 11. (a)  $-\pi R^2 E$ ;  
 (b)  $\pi R^2 E$ . 13.  $-4,2\cdot 10^{-10}\text{ C}$ . 15. 0 pro každou  
 ze tří stěn, které se dotýkají  $Q$ ,  $Q/(24\varepsilon_0)$  pro ostatní  
 stěny. 17.  $2,0\ \mu\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$ . 19. (a)  $4,5\cdot 10^{-7}\text{ C}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  
 (b)  $5,1\cdot 10^{-4}\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ . 21. (a)  $-3,0\cdot 10^{-6}\text{ C}$ ; (b)  $+1,3\cdot 10^{-5}\text{ C}$ .  
 23. (a)  $0,32\ \mu\text{C}$ ; (b)  $0,14\ \mu\text{C}$ . 27. (a)  $E = Q/(2\pi\varepsilon_0 Lr)$ ,  
 směřuje radiálně dovnitř; (b)  $-Q$  na vnitřní i vnější  
 stěně; (c)  $E = Q/(2\pi\varepsilon_0 Lr)$ , směřuje radiálně ven.  
 29.  $3,6\text{ nC}$ . 31. (b)  $Q R^2/(2\varepsilon_0 r)$ . 33. (a)  $5,3\cdot 10^7\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ ;  
 (b)  $60\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ . 35.  $5,0\text{ nC}\cdot\text{m}^{-2}$ . 37.  $0,44\text{ mm}$ .  
 39. (a)  $4,9\cdot 10^{-22}\text{ C}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (b) dolů. 41. (a)  $Qx/\varepsilon_0$ ;  
 (b)  $Qd/(2\varepsilon_0)$ , nezávislá na  $x$ . 43. (a)  $-750\text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-1}$ ;  
 (b)  $-6,64\text{ nC}$ . 45. (a)  $4,0\cdot 10^6\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ ; (b) 0. 47. (a) 0;  
 (b)  $Q_a/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$ ; (c)  $(Q_a + Q_b)/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$ ; (d) vnitřní stěna  
 vnější koule: 0, vnější stěna vnitřní koule:  $Q_a$ , vnitřní stěna  
 vnější koule:  $-Q_a$ , vnější stěna vnější koule:  $Q_a + Q_b$ .  
 51. (a)  $-Q$ ; (b)  $+Q$ ; (c)  $E = Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$  radiálně směrem  
 ven; (d)  $E = 0$ ; (e)  $E = Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$  radiálně směrem  
 ven; (f) 0; (g)  $E = Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$ , radiálně směrem ven;  
 (h) ano, náboj se indukuje; (i) ne; (j) ano; (k) ne; (l) ne.  
 53. (a)  $E = Qr/(4\pi\varepsilon_0 a^3)$ ; (b)  $E = Q/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$ ; (c) 0;  
 (d) 0; (e) na vnitřní  $-Q$ , na vnější 0. 55.  $Q/(2\pi a^2)$ .  
 59.  $\alpha = 0,80$ .

## Kapitola 25

**KONTROLY** 1. (a) Zápornou; (b) roste. 2. (a) Kladnou;  
 (b) vyšší. 3. (a) Doprava; (b) (1), (2), (3), (5): kladná;  
 (4), záporná; (c) (3), pak (1), (2) a (5) stejně, pak (4).  
 4. Všechny stejně. 5. A, C (nula), B. 6. (a) (2), pak (1)  
 a (3) stejně; (b) (3); (c) bude se zrychlovat směrem doleva.  
 7. Blíž (polovina  $z$ , 23 fm).

**OTÁZKY** 1. (a) S vyšším; (b) kladná; (c) záporná;  
 (d) všechny stejně. 3. (a) (1) a (2); (b) pro žádnou; (c) ne;  
 (d) (1) a (2) ano, (3) a (4) ne. 5. (b), pak (a), (c) a (d)  
 stejná. 7. (a) Záporná; (b) nulová. 9. (a) (1), pak  
 (2) a (3) stejně; (b) 3. 11. Vlevo. 13. (a), (b), (c).  
 15. (a) (3), (2), (1); (b) nula. 17. (a) Kladná; (b) kladná;  
 (c) záporná; (d) všechny stejně. 19. (a) Ne; (b) ano.

21. Ne (body na průsečnici by měly dvě rozdílné hodnoty  
 potenciálu). 23. (a)–(b) všechny stejně; (c) (C), (B), (A);  
 (d) všechny stejně.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $1,2\text{ GeV}$ . 3. (a) Klesne  
 o  $3,0\cdot 10^{10}\text{ J}$ ; (b)  $7,7\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (c)  $9,0\cdot 10^4\text{ kg}$ . 5.  $2,90\text{ kV}$ .  
 9.  $8,8\text{ mm}$ . 11. (a)  $136\text{ MV}\cdot\text{m}^{-1}$ ; (b)  $8,82\text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ .  
 13. (b) Protože jsme bod s  $\varphi = 0$  zvolili jinde;  
 (c)  $Q/(8\pi\varepsilon_0 R)$ ; (d) rozdíly potenciálů jsou nezávislé  
 na volbě bodu  $\varphi = 0$ . 15. (a)  $-4500\text{ V}$ ;  
 (b)  $-4500\text{ V}$ . 17.  $843\text{ V}$ . 19.  $2,8\cdot 10^5$ . 21.  $x = d/4$   
 a  $x = -d/2$ . 23. Žádný. 25. (a)  $3,3\text{ nC}$ ;  
 (b)  $12\text{ nC}\cdot\text{m}^{-2}$ . 27.  $6,4\cdot 10^8\text{ V}$ . 29.  $190\text{ MV}$ .  
 31. (a)  $-4,8\text{ nm}$ ; (b)  $8,1\text{ nm}$ ; (c) ne. 33.  $16,3\ \mu\text{V}$ .  
 35. (a)  $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} 2\lambda \ln(L/2 + \sqrt{L^2/4 + d^2})/d$ ; (b) 0.  
 37. (a)  $-\frac{5Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$ ; (b)  $-\frac{5Q}{4\pi\varepsilon_0} (z^2 + R^2)^{-1/2}$ . 39.  $0,113\sigma R/\varepsilon_0$ .  
 41.  $Q/(4\pi\varepsilon_0 L) \cdot \ln(1 + L/d)$ . 43.  $670\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ .  
 45.  $p/(2\pi\varepsilon_0 r^3)$ . 47.  $39\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ , ve směru  $-x$ .  
 49. (b)  $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} Qz(z^2 + R^2)^{-3/2}$ . 51. (a)  $c(\sqrt{L^2 + y^2} -$   
 $- y)/(4\pi\varepsilon_0)$ ; (b)  $E = c/(4\pi\varepsilon_0)(1 - y/\sqrt{L^2 + y^2})$ ;  
 (c) pro výpočet  $\frac{\partial\varphi}{\partial x}$  neznáme  $\varphi(P'_2)$  v bodech  $P'_2$  mimo  
 osu  $y$  poblíž  $P_2$ . 53. (a)  $2,5\text{ MV}$ ; (b)  $5,1\text{ J}$ ; (c)  $6,9\text{ J}$ .  
 55.  $-1,9\text{ J}$ . 57. (a)  $0,484\text{ MeV}$ ; (b) 0. 59.  $2,1\text{ d}$ .  
 61. 0. 63. (a)  $27,2\text{ V}$ ; (b)  $-27,2\text{ eV}$ ; (c)  $13,6\text{ eV}$ ;  
 (d)  $13,6\text{ eV}$ . 65.  $1,8\cdot 10^{-10}\text{ J}$ . 67.  $1,48\cdot 10^7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
 69.  $Q_0 Q/(4\pi\varepsilon_0 E_k)$ . 71.  $0,32\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . 73.  $1,6\cdot 10^{-9}\text{ m}$ .  
 77. (a)  $\varphi_1 = \varphi_2$ ; (b)  $Q_1 = Q/3$ ,  $Q_2 = 2Q/3$ ; (c) 2.  
 79. (a)  $-0,12\text{ V}$ ; (b)  $1,8\cdot 10^{-8}\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ , radiálně směrem  
 dovnitř. 81. (a)  $12000\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ ; (b)  $1800\text{ V}$ ; (c)  $5,8\text{ cm}$ .  
 83. (c)  $4,24\text{ V}$ .

## Kapitola 26

**KONTROLY** 1. (a) Nezmění se; (b) nezmění se.  
 2. (a) Klesá; (b) roste; (c) klesá. 3. (a)  $U$ ,  $Q/2$ ;  
 (b)  $U/2$ ,  $Q$ . 4. (a)  $Q_0 = Q_1 + Q_3$ ; (b) stejný ( $C_3$  a  $C_4$   
 jsou v sérii). 5. (a) Stejná; (b)–(d) roste; (e) stejná (při  
 stejné vzdálenosti desek je stejný také rozdíl potenciálů).  
 6. (a) Stejná; (b) klesá; (c) roste.

**OTÁZKY** 1. a, 2; b, 1; c, 3. 3. (a) Vzroste;  
 (b) nezmění se. 5. (a) Paralelním; (b) sériovým.  
 7. (a)  $C/3$ ; (b)  $3C$ ; (c) paralelním. 9. (a) Stejný;  
 (b) menší. 11. (a)–(d) menší. 13. (a) (2); (b) (3);  
 (c) (1). 15. Zvětšit vzdálenost desek  $d$ , ale také jejich  
 plochu  $S$  tak, aby poměr  $S/d$  zůstal konstantní.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $7,5\text{ pC}$ . 3.  $3,0\text{ mC}$ .  
 5. (a)  $140\text{ pF}$ ; (b)  $17\text{ nC}$ . 7. (a)  $84,5\text{ pF}$ ; (b)  $191\text{ cm}^2$ .  
 9. (a)  $11\text{ cm}^2$ ; (b)  $11\text{ pF}$ ; (c)  $1,2\text{ V}$ . 13. (b)  $4,6\cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ .  
 15.  $7,33\ \mu\text{F}$ . 17.  $315\text{ mC}$ . 19. (a)  $10,0\ \mu\text{F}$ ;  
 (b)  $Q_2 = 0,800\text{ mC}$ ,  $Q_1 = 1,20\text{ mC}$ ; (c)  $200\text{ V}$  pro  
 oba. 21. (a)  $d/3$ ; (b)  $3d$ . 25. (a) Pět v sérii; (b) tři  
 skupiny jako v (a) a zapojit je paralelně (jsou i jiné  
 možnosti). 27.  $43\text{ pF}$ . 29. (a)  $50\text{ V}$ ; (b)  $5,0\cdot 10^{-5}\text{ C}$ ;  
 (c)  $1,5\cdot 10^{-4}\text{ C}$ . 31. (a)  $Q_1 = 9,0\ \mu\text{C}$ ,  $Q_2 = 16\ \mu\text{C}$ ,  
 $Q_3 = 9,0\ \mu\text{C}$ ,  $Q_4 = 16\ \mu\text{C}$ ; (b)  $Q_1 = 8,4\ \mu\text{C}$ ,

$Q_2 = 17\mu\text{C}$ ,  $Q_3 = 11\mu\text{C}$ ,  $Q_4 = 14\mu\text{C}$ . 33. 99,6 nJ.  
 35. 72 F. 37. O 4,9%. 39. 0,27 J. 41.  $0,11\text{ J}\cdot\text{m}^{-3}$ .  
 43. (a) 2,0 J. 45. (a)  $Q_1 = 0,21\text{ mC}$ ,  $Q_2 = 0,11\text{ mC}$ ,  
 $Q_3 = 0,32\text{ mC}$ ; (b)  $U_1 = U_2 = 21\text{ V}$ ,  $U_3 = 79\text{ V}$ ;  
 (c)  $E_{p,1} = 2,2\text{ mJ}$ ,  $E_{p,2} = 1,1\text{ mJ}$ ,  $E_{p,3} = 13\text{ mJ}$ .  
 47. (a)  $Q_1 = Q_2 = 0,33\text{ mC}$ ,  $Q_3 = 0,40\text{ mC}$ ;  
 (b)  $U_1 = 33\text{ V}$ ,  $U_2 = 67\text{ V}$ ,  $U_3 = 100\text{ V}$ ; (c)  $E_{p,1} = 5,6\text{ mJ}$ ,  
 $E_{p,2} = 11\text{ mJ}$ ,  $E_{p,3} = 20\text{ mJ}$ . 53. Pyrex. 55. (a) 6,2 cm;  
 (b) 280 pF. 57.  $0,63\text{ m}^2$ . 59. (a)  $2,85\text{ m}^3$ ; (b)  $1,01\cdot 10^4$ .  
 61. (a)  $\varepsilon_0 S/(d-b)$ ; (b)  $d/(d-b)$ ; (c)  $-q^2b/(2\varepsilon_0 S)$ , vtaňován  
 dovnitř. 65.  $\frac{\varepsilon_0 S}{4d} \left( \varepsilon_{r,1} + \frac{2\varepsilon_{r,2}\varepsilon_{r,3}}{\varepsilon_{r,2} + \varepsilon_{r,3}} \right)$ . 67. (a) 13,4 pF;  
 (b)  $1,15\text{ nC}$ ; (c)  $1,13\cdot 10^4\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ ; (d)  $4,33\cdot 10^3\text{ N}\cdot\text{C}^{-1}$ .  
 69. (a) 7,1; (b)  $0,77\mu\text{C}$ . 71. (a) 0,606; (b) 0,394.

### Kapitola 27

KONTROLY 1. 8 A, doprava. 2. (a)–(c) doprava.  
 3. (a), (c) stejný proud; (b) menší. 4. Součástka 2.  
 5. (a) a (b) stejné, dále (d), pak (c).  
 OTÁZKY 1.  $a$ ,  $b$ ,  $c$  stejný, potom  $d$  nulový. 3. (b), (a),  
 (c). 5. A, B, C stejný, potom A + B, B + C stejný, potom  
 A + B + C. 7. (a)–(c) 1 a 2 stejné, potom 3. 9. C, A,  
 B. 11. (b), (a), (c). 13. (a) Vodiče 1, 4, polovodiče 2, 3;  
 (b) 2 a 3; (c) všechny čtyři.

CVIČENÍ A ÚLOHY 1.  $1,25\cdot 10^{15}$ . 3.  $6,7\mu\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$ .  
 5. Typ CW14. 7. (a)  $2,4\cdot 10^{-5}\text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  
 (b)  $1,8\cdot 10^{-15}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . 9. 0,67 A, směrem k záporné  
 elektrodě. 11. (a)  $0,654\mu\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (b) 83,4 MA.  
 13. 13,5 min. 15. (a)  $J_0 S/3$ ; (b)  $2J_0 S/3$ .  
 17.  $2,0\cdot 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$ . 19. 100 V. 21. (a) 1,53 kA;  
 (b)  $54,1\text{ MA}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (c)  $10,6\cdot 10^{-8}\ \Omega\cdot\text{m}$ , platina.  
 23. (a)  $253\ ^\circ\text{C}$ ; (b) ano. 25. (a) 0,38 mV; (b) nižší;  
 (c) 3 min 58 s. 27. 54  $\Omega$ . 29. 3,0. 31. (a) 1,3 m $\Omega$ ;  
 (b) 4,6 mm. 33. (a) 6,0 mA; (b)  $1,59\cdot 10^{-8}\text{ V}$ ; (c) 21,2 n $\Omega$ .  
 35. 2 000 K. 37. (a) Měď  $5,32\cdot 10^5\text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ , hliník  
 $3,27\cdot 10^5\text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (b) měď  $1,01\text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ , hliník  $0,495\text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ .  
 39. 0,40  $\Omega$ . 41. (a)  $R = \rho L/(\pi ab)$ . 43. 14 kC.  
 45. 11,1  $\Omega$ . 47. (a) 3,8 kW; (b) 33 Kč. 49. 0,135 W.  
 51. (a) 1,69 A; (b)  $2,15\text{ MA}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (c)  $36,3\text{ mV}\cdot\text{m}^{-1}$ ;  
 (d) 2,09 W. 53. (a)  $1,3\cdot 10^5\text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ ; (b) 94 mV.  
 55. (a) 126 Kč (30 dnů); (b) 529  $\Omega$ ; (c) 0,435 A.  
 57. 660 W. 59. (a)  $3,1\cdot 10^{11}$ ; (b)  $25\mu\text{A}$ ; (c) 1 300 W;  
 25 MW. 61. 27  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ . 63. (a) 120  $\Omega$ ; (b) 107  $\Omega$ ;  
 (c)  $5,3\cdot 10^{-3}/\text{C}^\circ$ ; (d)  $5,9\cdot 10^{-3}/\text{C}^\circ$ ; (e) 276  $\Omega$ .

### Kapitola 28

KONTROLY 1. (a) Doprava; (b) všude stejný;  
 (c) bod  $b$ , potom stejný v bodech  $a$ ,  $c$ ; (d) bod  $b$ , potom  
 stejný v bodech  $a$ ,  $c$ . 2. (a) Stejný; (b)  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .  
 3. (a) Menší; (b) větší; (c) stejné. 4. (a)  $U/2$ ,  $I$ ; (b)  $U$ ,  
 $I/2$ . 5. (a) 1, 2, 4, 3; (b) 4, potom stejný 1 a 2, potom 3.  
 OTÁZKY 1. (3), (4), (1), (2). 3. (a) Ne; (b) ano;  
 (c) stejné (protože všechny obvody jsou stejné).  
 5. Paralelně,  $R_2$ ,  $R_1$ , sériově. 7. (a) Stejný; (b) větší.  
 9. (a) Zmenší; (b) zmenší; (c) zvětší. 11.  $C_1$ , 15 V;

$C_2$ , 35 V;  $C_3$ , 20 V;  $C_4$ , 20 V;  $C_5$ , 30 V. 13.  $60\mu\text{C}$ .  
 15.  $c$ ,  $b$ ,  $a$ . 17. (a) Stejný; (b) (1), (3), (2). 19. (1), (3)  
 a (4) stejné (8 V na každém rezistoru), potom (2), (5) (4 V na  
 každém rezistoru).  
 CVIČENÍ A ÚLOHY 1. (a) 4 800 Kč; (b) 1,40 Kč.  
 3. 11 kJ. 5. (a) Proti směru otáčení hodinových ručiček;  
 (b) baterie 1; (c) B. 7. (a) 80 J; (b) 67 J; (c) 13 J se  
 přemění v teplo uvnitř baterie. 9. (a) 14 V; (b) 100 W;  
 (c) 600 W; (d) 10 V, 100 W. 11. (a) 50 V; (b) 48 V;  
 (c)  $B$  je připojen k zápornému pólu. 13. 2,5 V.  
 15. (a) 6,9 km; (b) 20  $\Omega$ . 17. 8,0  $\Omega$ . 19.  $10^{-6}$ .  
 21. Kabel. 23. (a) 1 000  $\Omega$ ; (b) 300 mV; (c)  $2,3\cdot 10^{-3}$ .  
 25. (a) 3,41 A nebo 0,586 A; (b) 0,293 V nebo 1,71 V.  
 27. 5,56 A. 29. 4,0  $\Omega$  a 12  $\Omega$ . 31. 4,50  $\Omega$ .  
 33. 0,00 A, 2,00 A, 2,40 A, 2,86 A, 3,00 A, 3,60 A,  
 3,75 A, 3,94 A. 35.  $U = \varphi_d - \varphi_c = +0,25\text{ V}$ .  
 37. Sedm. 39. (a) 2,50  $\Omega$ ; (b) 3,13  $\Omega$ . 41. Devět,  
 např. sériově zapojit tři paralelní trojice anebo paralelně  
 zapojit tři sériové trojice. 43. (a) Levá větev: 0,67 A  
 dolů, prostřední větev: 0,33 A nahoru, pravá větev: 0,33 A  
 nahoru; (b) 3,3 V. 47. (a) 120  $\Omega$ ; (b)  $I_1 = 51\text{ mA}$ ,  
 $I_2 = I_3 = 19\text{ mA}$ ,  $I_4 = 13\text{ mA}$ . 49. (a) 19,5  $\Omega$ ;  
 (b) 0; (c)  $\infty$ ; (d) 82,3 W, 57,6 W. 51. (a) Měď 1,11 A,  
 hliník 0,893 A; (b) 126 m. 53. (a) 13,5 k $\Omega$ ; (b) 1 500  $\Omega$ ;  
 (c) 167  $\Omega$ ; (d) 1 480  $\Omega$ . 55. (a) 0,45 A. 57.  $-0,9\%$ .  
 59. (a) 12,5 V; (b) 50 A. 65. (a)  $0,41\tau_C$ ; (b)  $1,1\tau_C$ .  
 67.  $4,6\tau_C$ . 69. (a)  $0,955\mu\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $1,08\mu\text{W}$ ;  
 (c)  $2,74\mu\text{W}$ ; (d)  $3,82\mu\text{W}$ . 71. 2,35 M $\Omega$ . 73. 0,72 M $\Omega$ .  
 75. 24,8  $\Omega$  až 14,9 k $\Omega$ . 77. (a) Pro  $t = 0$  je  $I_1 = 1,1\text{ mA}$ ,  
 $I_2 = I_3 = 0,55\text{ mA}$ , pro  $t \rightarrow \infty$  je  $I_1 = I_2 = 0,82\text{ mA}$ ,  
 $I_3 = 0$ ; (c) pro  $t = 0$  je  $U_2 = 400\text{ V}$ , pro  $t \rightarrow \infty$  je  
 $U_2 = 600\text{ V}$ ; (d)  $t$  je větší než několik časových konstant  
 obvodu ( $\tau_C = 7,1\text{ s}$ ). 79. (a)  $U_S = -IR + \mathcal{E}$ ;  
 (b) 13,6 V; (c) 0,060  $\Omega$ . 81. (a) 6,4 V; (b) 3,6 W;  
 (c) 17 W; (d)  $-5,6\text{ W}$ ; (e) bod  $a$ .

### Kapitola 29

KONTROLY 1. (a):  $+z$ ; (b):  $-x$ ; (c):  $F_B = 0$ .  
 2. (a) (2), poté stejně (1) a (3) (nula); (b) (4). 3. (a)  $+z$   
 a  $-z$  stejně, poté  $+y$  a  $-y$  stejně a pak  $+x$  a  $-x$  stejně  
 (nula); (b)  $+y$ . 4. (a) Elektron; (b) po směru hodinových  
 ručiček. 5.  $-y$ . 6. (a) Všechny stejně; (b) nejdřív (1)  
 a (4) stejně, pak (2) a (3) stejně.  
 OTÁZKY 1. (a) Všechny stejně; (b) (1) a (2) (náboj je  
 záporný). 3. (a): Ne,  $\mathbf{v}$  a  $\mathbf{F}_B$  musí být kolmé; (b): ano; (c):  
 ne,  $\mathbf{B}$  a  $\mathbf{F}_B$  musí být kolmé. 5. (a)  $F_E$ ; (b)  $F_B$ . 7. (a) Na  
 pravém křídle; (b) k pravé. 9. (a) Záporný; (b) rovná  $v_0$ ;  
 (c) rovná  $T_0$ ; (d) půlkružnice. 11. (a)  $\mathbf{B}_1$ ; (b)  $\mathbf{B}_1$ : od nás;  
 $\mathbf{B}_2$ : k nám; (c) menší. 13. Všechny. 15. Všechny stejně.  
 17. (a) Kladná; (b) ( $\alpha$ ) a ( $\beta$ ) stejně, pak ( $\gamma$ ) (nulová).  
 CVIČENÍ A ÚLOHY 1.  $\text{kg}\cdot\text{A}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$ . 3. (a)  $9,56\cdot 10^{-14}\text{ N}$ ,  
 0; (b)  $0,267^\circ$ . 5. (a) Na východ; (b)  $6,28\cdot 10^{14}\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  
 (c) 2,98 mm. 7. 0,75 kT. 9. (a)  $3,4\cdot 10^{-4}\text{ T}$ ,  
 horizontálně a doleva vzhledem k  $\mathbf{v}_0$ ; (b) ano,

pokud je rychlost stejná jako rychlost elektronu.

11.  $(-11,4\mathbf{i} - 6,00\mathbf{j} + 4,80\mathbf{k})\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ . 13.  $680\text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$ .  
 17. (b)  $2,84\cdot 10^{-3}$ . 19. (a)  $1,11\cdot 10^7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;  
 (b)  $0,316\text{ mm}$ . 21. (a)  $0,34\text{ mm}$ ; (b)  $2,6\text{ keV}$ .  
 23. (a)  $2,05\cdot 10^7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $467\ \mu\text{T}$ ; (c)  $13,1\text{ MHz}$ ;  
 (d)  $76,3\text{ ns}$ . 25. (a)  $2,60\cdot 10^6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; (b)  $0,109\ \mu\text{s}$ ;  
 (c)  $0,140\text{ MeV}$ ; (d)  $70\text{ kV}$ . 29. (a)  $1,0\text{ MeV}$ ;  
 (b)  $0,5\text{ MeV}$ . 31.  $R_d = \sqrt{2}R_p$ ;  $R_\alpha = R_p$ .  
 33. (a)  $B\sqrt{mQ}/2U\Delta x$ ; (b)  $8,2\text{ mm}$ . 37. (a)  $-Q$ ;  
 (b)  $\pi m/(QB)$ . 39.  $B_{\min} = \sqrt{mU}/(2ed^2)$ . 41. (a)  $22\text{ cm}$ ;  
 (b)  $21\text{ MHz}$ . 43. Neutron se pohybuje po dráze tečné  
 k té původní, proton opisuje kružnici o poloměru  
 $25\text{ cm}$ . 45.  $28,2\text{ N}$ , horizontálně směrem na západ.  
 47.  $20,1\text{ N}$ . 49.  $Bltd/m$ , směrem od generátoru.  
 51.  $-0,35\text{ kN}$ . 53.  $0,10\text{ T}$  pod úhlem  $31^\circ$  od vertikály.  
 55.  $4,3\cdot 10^{-3}\text{ N}\cdot\text{m}$ , y je záporné. 59.  $QvrB/2$ .  
 61. (a)  $540\ \Omega$ , sériově; (b)  $2,52\ \Omega$ , paralelně.  
 63. (a)  $12,7\text{ A}$ ; (b)  $0,0805\text{ N}\cdot\text{m}$ . 65. (a)  $0,184\text{ A}\cdot\text{m}^2$ ;  
 (b)  $1,45\text{ N}\cdot\text{m}$ . 67. (a)  $20\text{ min}$ ; (b)  $5,9\cdot 10^{-2}\text{ N}\cdot\text{m}$ .  
 69. (a)  $(8,0\cdot 10^{-4}\text{ N}\cdot\text{m})(-1,2\mathbf{i} - 0,90\mathbf{j} + 1,0\mathbf{k})$ ;  
 (b)  $-6,0\cdot 10^{-4}\text{ J}$ .

### Kapitola 30

- KONTROLY** 1. (a), (c), (b). 2. (b), (c), (a). 3. d,  
 pak a a c stejně, pak b (nula). 4. (d), (a), pak (b) a (c)  
 stejně (nula).  
**OTÁZKY** 1. (c), (d), pak (a) a (b) stejně. 3. Ve 2.  
 a 4. 5. (a), (b), (c). 7. (b), (d), (c), (a) (nula).  
 9. (a) (1):  $+x$ ; (2):  $-y$ ; (b) (1):  $+y$ ; (2):  $+x$ . 11. Vypne  
 se do oblouku. 13. c a d stejně, pak b, a. 15. (d),  
 poté stejně (a) a (e), pak (b), (c). 17. 0 (skalární součin  
 je nula).  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $32,1\text{ A}$ . 3. (a)  $3,3\ \mu\text{T}$ ;  
 (b) ano. 5. (a)  $(0,24\mathbf{i})\text{ nT}$ ; (b) 0; (c)  $(-43\mathbf{k})\text{ pT}$ ;  
 (d)  $(0,14\mathbf{k})\text{ nT}$ . 7. (a)  $16\text{ A}$ ; (b) od západu k východu.  
 9. 0. 11. (a) 0; (b)  $\mu_0 I/(4R)$ , od nás; (c) stejně  
 jako v (b). 13.  $\mu_0 I\theta(1/b - 1/a)/4\pi$ , k nám.  
 15. (a)  $1,0\text{ mT}$ , k nám; (b)  $0,80\text{ mT}$ , k nám. 25.  $200\ \mu\text{T}$ ,  
 od nás. 27. (a) Přesně mezi nimi musí být  $B = 0$ ;  
 (b)  $30\text{ A}$ . 29.  $4,3\text{ A}$ , k nám. 35.  $0,338\mu_0 I^2/a$ ,  
 směrem do středu čtverce. 37. (b) Doprava.  
 39. (b)  $2,3\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . 41.  $+5\mu_0 I$ . 47. (a)  $\mu_0 Ir/(2\pi c^2)$ ;  
 (b)  $\mu_0 I/(2\pi r)$ ; (c)  $\frac{\mu_0 I(a^2 - r^2)}{2\pi r(a^2 - b^2)}$ ; (d) 0. 49.  $3I/8$ ,  
 od nás. 53.  $0,30\text{ mT}$ . 55.  $108\text{ m}$ . 61.  $0,272\text{ A}$ .  
 63. (a) 4; (b)  $1/2$ . 65. (a)  $2,4\text{ A}\cdot\text{m}^2$ ; (b)  $46\text{ cm}$ .  
 67. (a)  $\mu_0 I(1/a + 1/b)/4$ , od nás; (b)  $\frac{1}{2}(\pi a^2 + \pi b^2)I$ , od nás.  
 69. (a)  $79\ \mu\text{T}$ ; (b)  $1,1\cdot 10^{-6}\text{ N}\cdot\text{m}$ . 71. (b)  $(0,060\mathbf{j})\text{ A}\cdot\text{m}^2$ ;  
 (c)  $(9,6\cdot 10^{-11}\mathbf{j})\text{ T}$ ,  $(-4,8\cdot 10^{-11}\mathbf{j})\text{ T}$ . 73. (a) B ze součtu:  
 $7,069\cdot 10^{-5}\text{ T}$ ;  $\mu_0 In = 5,027\cdot 10^{-5}\text{ T}$ ; rozdíl je 40%; (b) B  
 ze součtu:  $1,043\cdot 10^{-4}\text{ T}$ ;  $\mu_0 In = 1,005\cdot 10^{-4}\text{ T}$ ; rozdíl je  
 4%; (c) B ze součtu:  $2,506\cdot 10^{-4}\text{ T}$ ;  $\mu_0 In = 2,513\cdot 10^{-4}\text{ T}$ ;  
 rozdíl 0,3%. 75. (a)  $\mathbf{B} = (\mu_0/2\pi)[I_1/(x - a) + I_2/x]\mathbf{j}$ ;  
 (b)  $\mathbf{B} = (\mu_0/2\pi)(I_1/a)(1 + b/2)\mathbf{j}$ .

### Kapitola 31

- KONTROLY** 1. b, pak d a e stejné, pak a a c stejné  
 (nulové). 2. (a) a (b) stejný, pak (c) (nulový). 3. c a d  
 stejné, pak a a b stejné. 4. b: Od nás; c: od nás; d: k nám;  
 e: k nám. 5. (d) a (e). 6. (a) (2), (3), (1) (nulový);  
 (b) (2), (3), (1). 7. a a b stejná, pak c.  
**OTÁZKY** 1. (a) Všechny stejné (nulové); (b) všechny  
 stejné (různé od nuly); (c) (3), pak (1) a (2) stejné (nulové).  
 3. K nám. 5. (a) Od nás; (b) proti směru otáčení  
 hodinových ručiček; (c) větší. 7. (a) Doleva; (b) doprava.  
 9. c, a, b. 11. (a) 1, 3, 2; (b) 1 a 3 stejný, pak 2.  
 13. (a), pak (b) a (c) stejný. 15. (a) Větší; (b) stejný;  
 (c) stejný; (d) stejný (nulový). 17. a, 2; b, 4; c, 1; d, 3.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $57\ \mu\text{Wb}$ . 3.  $1,5\text{ mV}$ .  
 5. (a)  $0,40\text{ V}$ ; (b)  $20\text{ A}$ . 7. (a)  $31\text{ mV}$ ; (b) zprava doleva.  
 9. (b)  $58\text{ mA}$ . 11.  $1,2\text{ mV}$ . 13.  $1,15\ \mu\text{Wb}$ . 15.  $51\text{ mV}$ ,  
 po směru otáčení hodinových ručiček, díváme-li se  
 ve směru B. 17. (a)  $1,26\cdot 10^{-4}\text{ T}$ , 0,  $-1,26\cdot 10^{-4}\text{ T}$ ;  
 (b)  $5,04\cdot 10^{-8}\text{ V}$ . 19. (b) Ne. 21.  $15,5\ \mu\text{C}$ .  
 23. (a)  $24\ \mu\text{V}$ ; (b) od c do b. 25. (b) Uspořádání  
 musí být takové, aby platilo  $Nab = (5/2\pi)$  ( $\text{v m}^2$ ).  
 27. (a)  $0,598\ \mu\text{V}$ ; (b) proti směru hodinových  
 ručiček. 29. (a)  $\mu_0 Ia(2r + b)/[2\pi(2r - b)]$ ;  
 (b)  $2\mu_0 Iabv/[\pi R(4r^2 - b^2)]$ . 31.  $S^2 B^2/(R\Delta t)$ .  
 33. (a)  $48,1\text{ mV}$ ; (b)  $2,67\text{ mA}$ ; (c)  $0,128\text{ mW}$ .  
 35.  $v_m = mgR/(B^2 L^2)$ . 37.  $268\text{ W}$ . 39. (a)  $240\ \mu\text{V}$ ;  
 (b)  $0,600\text{ mA}$ ; (c)  $0,144\ \mu\text{W}$ ; (d)  $2,88\cdot 10^{-8}\text{ N}$ ; (e) stejně jako  
 v (c). 41. (1):  $-1,07\text{ mV}$ ; (2):  $-2,40\text{ mV}$ ; (3):  $1,33\text{ mV}$ .  
 43. a:  $4,4\cdot 10^7\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , doprava; b: 0; c:  $4,4\cdot 10^7\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,  
 doleva. 45.  $0,10\ \mu\text{Wb}$ . 47. (a) 800; (b)  $2,5\cdot 10^{-6}\text{ H}$ .  
 49. (a)  $\mu_0 I/d$ ; (b)  $\pi\mu_0 R^2/d$ . 51. (a) Klesá; (b)  $0,68\text{ mH}$ .  
 53. (a)  $0,10\text{ H}\cdot\text{m}^{-1}$ ; (b)  $1,3\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ . 55. (a)  $16\text{ kV}$ ;  
 (b)  $3,1\text{ kV}$ ; (c)  $23\text{ kV}$ . 57. (b) Změna magnetického  
 pole jedné cívky nesmí indukovat proud v druhé;  
 (c)  $1/L_p = \sum_{j=1}^N (1/L_j)$ . 59.  $6,91\tau_L$ . 61.  $1,54\text{ s}$ .  
 63. (a)  $8,45\text{ ns}$ ; (b)  $7,37\text{ mA}$ . 65.  $(42 + 20r)\text{ V}$ .  
 67.  $12,0\text{ A}\cdot\text{s}^{-1}$ . 69. (a)  $I_1 = I_2 = 3,33\text{ A}$ ; (b)  $I_1 = 4,55\text{ A}$ ,  
 $I_2 = 2,73\text{ A}$ ; (c)  $I_1 = 0$ ,  $I_2 = 1,82\text{ A}$ ; (d)  $I_1 = I_2 = 0$ .  
 71.  $\mathcal{E}L_1/R(L_1 + L_2)$ . 73. (a)  $I(1 - e^{-Rt/L})$ .  
 75.  $1,23\tau_L$ . 77. (a)  $240\text{ W}$ ; (b)  $150\text{ W}$ ; (c)  $390\text{ W}$ .  
 79. (a)  $97,9\text{ H}$ ; (b)  $0,196\text{ mJ}$ . 81. (a)  $10,5\text{ mJ}$ ; (b)  $14,1\text{ mJ}$ .  
 83. (a)  $34,2\text{ J}\cdot\text{m}^{-3}$ ; (b)  $49,4\text{ mJ}$ . 85.  $1,5\cdot 10^8\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ .  
 87.  $(\mu_0 l/2\pi)\ln(b/a)$ . 89. (a)  $1,3\text{ mT}$ ; (b)  $0,63\text{ J}\cdot\text{m}^{-3}$ .  
 91. (a)  $1,0\text{ J}\cdot\text{m}^{-3}$ ; (b)  $4,8\cdot 10^{-15}\text{ J}\cdot\text{m}^{-3}$ . 93. (a)  $1,67\text{ mH}$ ;  
 (b)  $6,00\text{ mWb}$ . 95.  $13\text{ H}$ . 99. Magnetické pole je  
 nenulové pouze v průřezu solenoidu 1.

### Kapitola 32

- KONTROLY** 1. (d), (b), (c), (a) (nula). 2. (a) 2; (b) 1.  
 3. (a) Od něho; (b) od něho; (c) menší. 4. (a) K němu;  
 (b) k němu; (c) menší. 5. a, c, b, d (nula). 6. b, c, d  
 stejně, potom a.  
**OTÁZKY** 1. (a) a, c, f; (b) tyč gh. 3. Dodat.  
 5. (a) Všechny dolů; (b) (1) nahoru, (2) dolů, (3) nula.

7. (a) (1) Nahoru, (2) nahoru, (3) dolů; (b) (1) dolů, (2) nahoru, (3) nula. 9. (a) Doprava; (b) doleva. 11. (a) Snižuje; (b) snižuje. 13. (a)  $a$  a  $b$  (stejně),  $c$ ,  $d$ ; (b), (c) podél žádných z nich (deska není rotačně symetrická, takže  $\mathbf{B}$  není tečně ani ke kruhové smyčce). 15.  $1/4$ .

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (b) Je záporné; (c) ne, plocha není uzavřená. Na otevřeném konci blízko magnetu byl kladný tok. 3.  $47 \mu\text{Wb}$ , dovnitř. 5.  $55 \mu\text{T}$ . 7. (a)  $600 \text{ mA}$ ; (b) ano; (c) ne. 9. (a)  $B = 31,0 \mu\text{T}$ ,  $\varphi = 0^\circ$ ; (b)  $B = 55,9 \mu\text{T}$ ,  $\varphi = 73,9^\circ$ ; (c)  $B = 62,0 \mu\text{T}$ ,  $\varphi = 90^\circ$ . 11.  $4,6 \cdot 10^{-24} \text{ J}$ . 13. (a)  $5,3 \cdot 10^{11} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ; (b)  $20 \text{ mT}$ ; (c) 660. 15. (a) 7; (b) 7; (c)  $3\hbar$ , 0; (d)  $3e\hbar/(2m)$ , 0; (e)  $3,5\hbar$ ; (f) 8. 17. (b) Ve směru vektoru momentu hybnosti. 19.  $\Delta\mu = e^2 r^2 B/(4m)$ . 21.  $20,8 \text{ mJ} \cdot \text{T}^{-1}$ . 23. Ano. 25. (a) 4 K; (b) 1 K. 29. (a)  $3,0 \mu\text{T}$ ; (b)  $5,6 \cdot 10^{-10} \text{ eV}$ . 31. (a)  $8,9 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ ; (b)  $13 \text{ N} \cdot \text{m}$ . 35. (a) 0,14 A; (b)  $79 \mu\text{C}$ . 37.  $2,4 \cdot 10^{13} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . 39. (a)  $3,4 \text{ pT}$ . 41.  $7,5 \cdot 10^5 \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$ . 43.  $7,2 \cdot 10^{12} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . 45. (a)  $2,1 \cdot 10^{-8} \text{ A}$ , dolů; (b) ve směru otáčení hodinových ručiček. 47. (a)  $0,63 \mu\text{T}$ ; (b)  $2,3 \cdot 10^{12} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . 49. (a)  $2,0 \text{ A}$ ; (b)  $2,3 \cdot 10^{11} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (c)  $0,50 \text{ A}$ ; (d)  $0,63 \mu\text{T} \cdot \text{m}$ . 51. (a)  $7,60 \mu\text{A}$ ; (b)  $859 \text{ kV} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (c)  $3,39 \text{ mm}$ ; (d)  $5,16 \text{ pT}$ .

### Kapitola 33

**KONTROLY** 1. (a)  $T/2$ ; (b)  $T$ ; (c)  $T/2$ ; (d)  $T/4$ . 2. (a) 5 V; (b)  $150 \mu\text{J}$ . 3. (a) 1; (b) 2. 4. (a)  $D$ ,  $C$ ,  $S$ ,  $B$ ,  $A$ ; (b) 1:  $A$ , 2:  $B$ , 3:  $S$ , 4:  $C$ ; 5:  $D$ ; (c)  $A$ . 5. (a) Vzroste; (b) klesne. 6. (a) (1): zpožďuje se; (2): předbíhá; (3): ve fázi; (b) (3) ( $\omega_b = \omega$ , když  $X_L = X_C$ ). 7. (a) Zvětšit (obvod má kapacitní charakter; pro přiblížení k rezonanci, tj. pro maximální  $P_{\text{stř}}$  je třeba zvětšit  $C$  neboli zmenšit  $X_C$ ); (b) blíže. 8. Zvyšovací.

**OTÁZKY** 1. (a)  $T/4$ ; (b)  $T/4$ ; (c)  $T/2$ , viz obr. 33.2; (d)  $T/2$ , viz rov. (31.40). 3. (b), (a), (c). 5. (a) (3), (1), (2); (b) (2), pak (1) a (3) stejné. 7. Pomaleji. 9. (a) (1) a (4); (b) (2) a (3). 11. (a) 3, potom 1 a 2 stejná; (b) 2, 1, 3. 13. (a) Záporná; (b) předbíhá. 15. (a)–(c) Vpravo a zvýší se.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $9,14 \text{ nF}$ . 3.  $45,2 \text{ mA}$ . 5. (a)  $6,00 \mu\text{s}$ ; (b)  $167 \text{ kHz}$ ; (c)  $3,00 \mu\text{s}$ . 7. (a)  $89 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (b)  $70 \text{ ms}$ ; (c)  $25 \mu\text{F}$ . 9.  $38 \mu\text{H}$ . 11.  $7,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ . 15. (a)  $3,0 \text{ nC}$ ; (b)  $1,7 \text{ mA}$ ; (c)  $4,5 \text{ nJ}$ . 17. (a)  $3,60 \text{ mH}$ ; (b)  $1,33 \text{ kHz}$ ; (c)  $0,188 \text{ ms}$ . 19.  $600 \text{ Hz}$ ,  $710 \text{ Hz}$ ,  $1100 \text{ Hz}$ ,  $1300 \text{ Hz}$ . 21. (a)  $Q/\sqrt{3}$ ; (b) 0,152. 25. (a)  $1,98 \mu\text{J}$ ; (b)  $5,56 \mu\text{C}$ ; (c)  $12,6 \text{ mA}$ ; (d)  $-46,9^\circ$ ; (e)  $+46,9^\circ$ . 27. (a) 0; (b)  $2i(t)$ . 29. (a)  $356 \mu\text{J}$ ; (b)  $2,50 \text{ mH}$ ; (c)  $3,20 \text{ mJ}$ . 31.  $8,66 \text{ m}\Omega$ . 33.  $(L/R) \ln 2$ . 35. (a)  $\pi/2 \text{ rad}$ ; (b)  $q = (I/\omega')e^{-Rt/(2L)} \sin \omega't$ . 39. (a)  $0,0955 \text{ A}$ ; (b)  $0,0119 \text{ A}$ . 41. (a)  $4,60 \text{ kHz}$ ; (b)  $26,6 \text{ nF}$ ; (c)  $X_L = 2,60 \text{ k}\Omega$ ,  $X_C = 0,650 \text{ k}\Omega$ . 43. (a)  $0,65 \text{ kHz}$ ; (b)  $24 \Omega$ . 45. (a)  $39,1 \text{ mA}$ ; (b) 0; (c)  $33,9 \text{ mA}$ . 47. (a)  $6,73 \text{ ms}$ ; (b)  $2,24 \text{ ms}$ ;

(c) kondenzátor; (d)  $59,0 \mu\text{F}$ . 49. (a)  $X_C = 0$ ,  $X_L = 86,7 \Omega$ ,  $Z = 182 \Omega$ ,  $I = 198 \text{ mA}$ ,  $\varphi = 28,5^\circ$ . 51. (a)  $X_C = 37,9 \Omega$ ,  $X_L = 86,7 \Omega$ ,  $Z = 167 \Omega$ ,  $I = 216 \text{ mA}$ ,  $\varphi = 17,1^\circ$ . 53. (a)  $2,35 \text{ mH}$ ; (b) vzdalují se od  $1,40 \text{ kHz}$ . 55. Ano,  $1000 \text{ V}$ . 57. (a)  $36,0 \text{ V}$ ; (b)  $27,3 \text{ V}$ ; (c)  $17,0 \text{ V}$ ; (d)  $-8,34 \text{ V}$ . 59. (a)  $224 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (b)  $6,00 \text{ A}$ ; (c)  $228 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $219 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (d)  $0,040$ . 61. (a)  $707 \Omega$ ; (b)  $32,2 \text{ mH}$ ; (c)  $21,9 \text{ nF}$ . 63. (a) Rezonance při  $f = 1/(2\pi\sqrt{LC}) = 85,7 \text{ Hz}$ ; (b)  $15,6 \mu\text{F}$ ; (c)  $225 \text{ mA}$ . 65. (a)  $796 \text{ Hz}$ ; (b) beze změny; (c) zmenší se; (d) zvětší se. 69.  $141 \text{ V}$ . 71. (a) Odebírá; (b) dodává. 73. 0,  $9,00 \text{ W}$ ,  $3,14 \text{ W}$ ,  $1,82 \text{ W}$ . 75.  $177 \Omega$ . 77.  $7,61 \text{ A}$ . 83. (a)  $169 \mu\text{F}$ ; (b) 0; (c)  $90,0 \text{ W}$ , 0; (d)  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ; (e) 1, 0. 85. (a)  $2,59 \text{ A}$ ; (b)  $38,8 \text{ V}$ ,  $159 \text{ V}$ ,  $224 \text{ V}$ ,  $64,2 \text{ V}$ ,  $75,0 \text{ V}$ ; (c)  $100 \text{ W}$  v  $R$ , 0 v  $L$  a  $C$ . 87. (a)  $2,4 \text{ V}$ ; (b)  $3,2 \text{ mA}$ ,  $0,16 \text{ A}$ . 89. (a)  $1,9 \text{ V}$ ,  $5,9 \text{ W}$ ; (b)  $19 \text{ V}$ ,  $590 \text{ W}$ ; (c)  $0,19 \text{ kV}$ ,  $59 \text{ kW}$ . 91. (a)  $X_C = [(2\pi)(45 \cdot 10^{-6} \text{ F})f]^{-1}$ ; (c)  $17,7 \text{ Hz}$ . 93. (a)  $X_L = (2\pi)(40 \cdot 10^{-3} \text{ H})f$ ; (c)  $796 \text{ Hz}$ . 95. (b)  $61 \text{ Hz}$ ; (c)  $61 \text{ Hz}$  a  $90 \Omega$ .

### Kapitola 34

**KONTROLY** 1. (a) (Podle obr. 34.5.) Na pravé straně obdélníku má  $\mathbf{E}$  směr záporné osy  $y$ , na levé straně má  $\mathbf{E} + d\mathbf{E}$  stejný směr a větší velikost. (b)  $\mathbf{E}$  směřuje dolů. Na pravé straně má  $\mathbf{B}$  směr záporné osy  $z$ , na levé straně má  $\mathbf{B} + d\mathbf{B}$  stejný směr a větší velikost. 2. Má směr kladné osy  $x$ . 3. (a) Zůstává stejný; (b) zmenší se. 4.  $a$ ,  $d$ ,  $b$ ,  $c$  (nula). 5. (a). 6. (a) Ano; (b) ne.

**OTÁZKY** 1. (a) Ve směru kladné osy  $z$ ; (b) ve směru osy  $x$ . 3. (a) Zůstane konstatní; (b) bude růst; (c) bude klesat. 5. Obě  $20^\circ$  po směru otáčení hodinových ručiček od osy  $y$ . 7. Dvě. 9.  $b$ ,  $30^\circ$ ;  $c$ ,  $60^\circ$ ;  $d$ ,  $60^\circ$ ;  $e$ ,  $30^\circ$ ;  $f$ ,  $60^\circ$ . 11.  $d$ ,  $b$ ,  $a$ ,  $c$ . 13. (a)  $b$ ; (b) modrá; (c)  $c$ . 15. 1,5.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a)  $4,7 \cdot 10^{-3} \text{ Hz}$ ; (b) 3 min 32 s. 3. (a)  $4,5 \cdot 10^{24} \text{ Hz}$ ; (b)  $1,0 \cdot 10^4 \text{ km}$  neboli 1,6 poloměru Země. 7. (a) Poroste; (b) změřit celkové rozdíly mezi zdánlivou dobou zatmění a dobou pozorovanou z  $A$ ; změřit poloměr zemské dráhy. 9.  $5,0 \cdot 10^{-21} \text{ H}$ ; nereálně malá indukčnost. 11.  $1,07 \text{ pT}$ . 17.  $4,8 \cdot 10^{-29} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . 19.  $4,51 \cdot 10^{-10}$ . 21.  $89 \text{ cm}$ . 23.  $1,2 \text{ MW} \cdot \text{m}^{-2}$ . 25.  $820 \text{ m}$ . 27.  $1,03 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $3,43 \mu\text{T}$ . 29. (a)  $1,4 \cdot 10^{-22} \text{ W}$ ; (b)  $1,1 \cdot 10^{15} \text{ W}$ . 31. (a)  $87 \text{ mV} \cdot \text{m}^{-1}$ ; (b)  $0,30 \text{ nT}$ ; (c)  $13 \text{ kW}$ . 33.  $3,3 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$ . 35. (a)  $4,7 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$ ; (b)  $2,1 \cdot 10^{10}$ krát menší. 37.  $5,9 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$ . 39. (a)  $3,97 \text{ GW} \cdot \text{m}^{-2}$ ; (b)  $13,2 \text{ Pa}$ ; (c)  $1,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$ ; (d)  $3,14 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . 41.  $I(2 - \alpha)/c$ . 43.  $p_{\perp\perp} \cos^2 \theta$ . 45.  $1,9 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ . 47. (b)  $580 \text{ nm}$ . 49. (a)  $1,9 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ; (b)  $1,7 \cdot 10^{-11} \text{ Pa}$ . 51.  $1/8$ . 53. 3,1 %. 55.  $20^\circ$  nebo  $70^\circ$ . 57.  $19 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . 59. (a) 2 destičky; (b) 5 destiček. 61.  $180^\circ$ . 63. 1,26. 65.  $1,07 \text{ m}$ . 69. (a) 0; (b)  $20^\circ$ ; (c) rovněž 0 a  $20^\circ$ . 73. 1,41. 75. 1,22. 77.  $182 \text{ cm}$ . 79. (a) Ne; (b) ano;

## V14 VÝSLEDKY

(c) asi  $43^\circ$ . **81.** (a)  $35,6^\circ$ ; (b)  $53,1^\circ$ . **83.** (b)  $23,2^\circ$ .  
**85.** (a)  $53^\circ$ ; (b) ano. **87.**  $55,5^\circ$ ;  $55,8^\circ$ .

### Kapitola 35

**KONTROLY** Kaleidoskop: V trubici jsou dvě zrcadla a svírají úhel  $60^\circ$ . **1.**  $0,2d$ ;  $1,8d$ ;  $2,2d$ . **2.** (a) Reálný; (b) převrácený; (c) na téže straně. **3.** (a)  $e$ ; (b) virtuální, na stejné straně. **4.** Virtuální, stejná jako předmět, rozptylka.

**OTÁZKY** **1.** c. **3.** (a) A; (b) C. **5.** (a) Ne; (b) ano (čtvrté zrcadlo je ED). **7.** (a) Z nekonečna k ohnisku; (b) spojitě se zmenšuje. **9.** d (nekonečno), stejně a a b, pak c. **11.** Zrcadlo: stejná; čočka: větší. **13.** (a) Pro všechny kromě variace 2; (b) pro 1, 3, 4: vpravo, obráceně; pro 5, 6: vlevo, stejná. **15.** (a) Menší; (b) menší.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** **1.** (a) Virtuální; (b) stejnou; (c) stejnou; (d)  $D + L$ . **3.** 40 cm. **7.** (a) 7; (b) 5; (c) 1 až 3; (d) závisí na poloze O a naší perspektivě.

**11.** Nová intenzita je  $10/9$  původní. **15.** 10,5 cm. **19.** (a) 2,00; (b) úloha nemá řešení. **23.** 1,14. **25.** (b) Vzdálit čočky od sebe na  $f_2 - |f_1|$ , kde  $f_2$  je ohnisková vzdálenost spojky. **27.** 45 mm, 90 mm. **29.** (a) +40 cm; (b) v nekonečnu. **33.** (a) 40 cm, reálný; (b) 80 cm, reálný; (c) 240 cm, reálný; (d) -40 cm, virtuální; (e) -80 cm, virtuální; (f) -240 cm, virtuální. **35.** Stejná orientace, virtuální, 30 cm vlevo od druhé čočky,  $m = 1$ . **37.** (a) Výsledný obraz má tutěž polohu jako předmět; je reálný, převrácený a  $m = -1,0$ . **39.** (a) Má tutěž polohu jako původní předmět a je 5krát zvětšený; (c) virtuální; (d) ano. **45.**  $i = (2 - n)r / (2(n - 1))$ , vpravo od pravé strany koule. **47.** 2,1 mm. **49.** (b) Je-li obraz v blízkém bodě. **51.** (b) Dalekozraký. **53.** -125.

### Kapitola 36

**KONTROLY** **1.** b (nejmenší  $n$ ), c, a. **2.** (a) Horní; (b) částečně konstruktivní (fázový rozdíl je 2,  $1\lambda$ ). **3.** (a)  $3\lambda$ , 3; (b)  $2,5\lambda$ , 2,5. **4.** a, d (amplituda výsledné vlny je  $4E_0$ ); potom b, c (amplituda výsledné vlny je  $2E_0$ ). **5.** (a) 1 a 4; (b) 1 a 4.

**OTÁZKY** **1.** a, c, b. **3.** (a) 300 nm; (b) mají opačnou fázi. **5.** c. **7.** (a) Vzdělá; (b)  $1\lambda$ . **9.** Dolů.

**11.** (a) Maximum; (b) minimum; (c) střídání maxim a minim. **13.** d. **15.** (a)  $0,5\lambda$ ; (b)  $1\lambda$ . **17.** Světlý. **19.** Ve všech.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** **1.** (a)  $5,09 \cdot 10^{14}$  Hz; (b) 388 nm; (c)  $1,97 \cdot 10^8$  m/s. **5.**  $2,1 \cdot 10^8$  Hz. **7.** V potrubí se vzduchem je doba průchodu větší o 1,55 ns. **9.**  $22^\circ$ , lom snižuje úhel  $\theta$ . **11.** (a) 2. pulz; (b)  $0,03h/c$ . **13.** (a) 1,70 (což je ekvivalentní 0,70); (b) 1,70 ( $\approx 0,70$ ); (c) 1,30 ( $\approx 0,30$ ); (d) intenzity jsou ve všech případech stejné, blíže destruktivní interferenci. **15.** (a) 0,833; (b) přechod mezi minimem a maximem, blíže ke konstruktivní interferenci. **17.**  $(2m + 1)\pi$ . **19.** 2,25 mm. **21.** 648 nm. **23.** 1,6 mm. **25.** 16. **27.**  $0,072$  mm. **29.**  $8,75\lambda$ . **31.**  $0,03\%$ . **33.**  $6,64\mu\text{m}$ .

**35.**  $y = 17 \sin(\omega t + 13^\circ)$ . **39.** (a) 1,17 m, 3,00 m, 7,50 m; (b) není. **41.**  $I = \frac{1}{9} I_m [1 + 8 \cos^2(\pi d \sin \theta / \lambda)]$ ,  $I_m =$  intenzita centrálního maxima. **43.**  $h = (m + \frac{1}{2})\lambda/2$ , kde  $m = 0, 1, 2, \dots$ . **45.**  $0,117\mu\text{m}$ ,  $0,352\mu\text{m}$ . **47.**  $\lambda/5$ . **49.** 70,0 nm. **51.** Pro žádnou. **53.** (a) 552 nm; (b) 442 nm. **55.** 338 nm. **59.**  $2n_2h / \cos \theta_r = (m + \frac{1}{2})\lambda$ , když  $m = 0, 1, 2, \dots$ , kde  $\theta_r = \arcsin[(\sin \theta_i) / n_2]$ . **61.** Intenzita poklesne o 88 % pro 450 nm a o 94 % pro 650 nm. **63.** (a) Tmavý; (b) pro modrý konec. **65.**  $1,89\mu\text{m}$ . **67.** 1,000 25. **69.** (a) 34; (b) 46. **73.** 588 nm. **75.** 1,000 3. **77.**  $I = I_m \cos^2(2\pi x / \lambda)$ .

### Kapitola 37

**KONTROLY** **1.** (a) Rozšíří se; (b) rozšíří se. **2.** (a) Druhé vedlejší maximum; (b) 2,5. **3.** (a) Červenou; (b) fialovou. **4.** Zhorší se. **5.** (a) Zvětší se; (b) nezmění se. **6.** (a) Vlevo; (b) menší.

**OTÁZKY** **1.** (a) Zúží se; (b) zúží se. **3.** S megafonem (větší otvor, menší difrakce). **5.** Čtyři. **7.** (a) Větší; (b) červený. **9.** (a) Zmenší se; (b) zůstanou stejné; (c) zůstanou na místě. **11.** (a) A; (b) ta vlevo; (c) vlevo; (d) vpravo.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** **1.** 690 nm. **3.**  $60,4\mu\text{m}$ . **5.** (a) 2,5 mm; (b)  $2,2 \cdot 10^{-4}$  rad. **7.** (a) 70 cm; (b) 1,0 mm. **9.** Ve vzdálenosti 41,2 m od centrální osy. **11.**  $160^\circ$ . **15.** (d)  $53^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $5,1^\circ$ . **19.** (a)  $1,3 \cdot 10^{-4}$  rad; (b) 10 km. **21.** 50 m. **23.**  $30,5\mu\text{m}$ . **25.** 1 600 km. **27.** (a) 17,1 m; (b)  $1,37 \cdot 10^{-10}$ . **29.** 27 cm. **31.** 4,7 cm. **33.** (a)  $0,347^\circ$ ; (b)  $0,97^\circ$ . **35.** (a) Červená; (b) 130  $\mu\text{m}$ . **37.** Pět. **41.**  $\lambda D/d$ . **43.** (a)  $5,05\mu\text{m}$ ; (b) 20,2  $\mu\text{m}$ . **45.** (a) 3,33  $\mu\text{m}$ ; (b)  $0^\circ$ ,  $\pm 10,2^\circ$ ,  $\pm 20,7^\circ$ ,  $\pm 32,0^\circ$ ,  $\pm 45,0^\circ$ ,  $\pm 62,2^\circ$ . **47.** Pro všechny vlnové délky kratší než 635 nm. **49.** 13 600. **51.** 500 nm. **53.** (a) Tři (b)  $0,051^\circ$ . **55.** 523 nm. **61.** 470 nm až 560 nm. **63.** 491. **65.** 3 650. **67.** (a) 10  $\mu\text{m}$ ; (b) 3,3 mm. **69.** (a)  $0,032^\circ/\text{nm}$ ,  $0,076^\circ/\text{nm}$ ,  $0,24^\circ/\text{nm}$ , (b)  $4 \cdot 10^4$ ,  $8 \cdot 10^4$ ,  $1,2 \cdot 10^5$ . **71.** (a)  $\tan \theta$ ; (b) 0,89. **73.** 0,26 nm. **75.**  $6,8^\circ$ . **77.** (a) 170 pm; (b) 130 pm. **81.** 0,570 nm. **83.**  $30,6^\circ$ ,  $15,3^\circ$  (ve směru otáčení hodinových ručiček);  $3,08^\circ$ ,  $37,8^\circ$  (proti směru otáčení hodinových ručiček).

### Kapitola 38

**KONTROLY** **1.** (a) Jsou stejné (postulát rychlosti světla); (b), (c) ne (začátek a konec letu nenastávají ve stejném místě). **2.** (a) Sylvino; (b) Sylvino. **3.** a, záporná; b, kladná; c, záporná. **4.** (a) Doprava; (b) větší. **5.** (a) Stejná; (b) menší.

**OTÁZKY** **1.** Rychlosti jsou stejné (rovny c). **3.** (a)  $C_1$ ; (b)  $C_1$ . **5.** (a) 3, 2, 1; (b) 1 a 3 stejné, pak 2. **7.** (a) záporná; (b) kladná. **9.** c, pak b a d stejné, pak a. **11.** (a) 3, 1 a 2 stejné, pak 4; (b) 4, 1 a 2 stejné, pak 3; (c) 1, 4, 2, 3. **13.** Větší než  $f_1$ .

**CVIČENÍ A ÚLOHY** **1.** (a)  $3 \cdot 10^{-18}$ ; (b)  $8,2 \cdot 10^{-8}$ ; (c)  $1,1 \cdot 10^{-6}$ ; (d)  $3,7 \cdot 10^{-5}$ ; (e) 0,10. **3.** 0,75c. **5.** 0,99c.

7. 55 m. 9. 1,32 m. 11. 0,63 m. 13. 6,4 cm.  
15. (a) 26 y; (b) 52 y; (c) 3,7 y. 17. (b) 0,999 999 15c.  
19. (a)  $x' = 0$ ,  $t = 2,29$  s; (b)  $x' = 6,55 \cdot 10^8$  m,  $t' = 3,16$  s.  
21. (a) 25,8  $\mu$ s; (b) malé vzplanutí. 23. (a) 1,25;  
(b) 0,800  $\mu$ s. 25. 2,40  $\mu$ s. 27. (a) 0,84c, ve směru  
rostoucího  $x$ ; (b) 0,21c, ve směru rostoucího  $x$ ; klasické  
předpovědi jsou 1,1c a 0,15c. 29. (a) 0,35c; (b) 0,62c.  
31. 1,2  $\mu$ s. 33. Sedm. 35. 22,9 MHz. 37. +2,97 nm.  
39. (a)  $\tau_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$ . 41. (a) 0,134c; (b) 4,65 keV;  
(c) 1,1%. 43. (a) 0,998 8, 20,6; (b) 0,145, 1,01; (c) 0,073,  
1,002 7. 45. (a) 5,71 GeV, 6,65 GeV, 6,58 GeV/c;  
(b) 3,11 MeV, 3,62 MeV, 3,59 MeV/c. 47. 18 hmotností  
Slunce za rok. 49. 0,943c; (b) 0,886c. 51. (a) 256 kV;  
(b) 0,746c. 53.  $\sqrt{8}mc$ . 55. 10,70- $10^6$  km čili  
270 zemských obvodů. 57. 110 km. 59. (a) 2,7- $10^{14}$  J;  
(b) 1,8- $10^7$  kg; (c) 6,0- $10^6$ . 61. 4,00 u, jde pravděpodobně  
o heliové jádro. 63. 330 mT. 65.

SIGNAL	OKAMŽÍK			
	OKAMŽÍK VYSLÁNÍ DLE ZEMĚ (h)	PŘIJETÍ ODPOVĚDI DLE ZEMĚ (h)	HLÁŠENÝ ČAS ODPOVĚDI DLE RAKETY	VZDÁLENOST (m)
1	6,0	400	11,8	$2,10 \cdot 10^{14}$
2	12,0	800	23,6	$4,19 \cdot 10^{14}$
3	18,0	1 200	35,5	$6,29 \cdot 10^{14}$
4	24,0	1 600	47,3	$8,38 \cdot 10^{14}$
5	30,0	2 000	59,1	$1,05 \cdot 10^{15}$

67. (a)  $vt \sin \theta$ ; (b)  $t(1 - (v/c) \cos \theta)$ ; (c) 3,24c.

### Kapitola 39

**KONTROLY** 1. b, a, d, c. 2. (a) Lithium, sodík,  
draslík, cesium; (b) všechny stejné. 3. (a) Stejný;  
(b)–(d) rentgenové záření. 4. (a) Proton; (b) stejnou;  
(c) proton. 5. Stejná.

**OTÁZKY** 1. (a) Mikrovlny; (b), (c) rentgenové záření.  
3. Draslík. 5. Na desce se vytvoří kladný náboj, který  
zabraňuje další emisi elektronů. 7. Žádnou. 9. (a) Větší;  
(b) menší. 11. Změna je zanedbatelná. 13. (a) Zmenší  
se  $1/\sqrt{2}$ krát; (b) zmenší se na polovinu. 15. Velmi malá.  
17. (a) Zmenšuje se; (b) zvětšuje se; (c) stejná; (d) stejná.  
19. a. 21. (a) Nula; (b) ano.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 3. 4,14 eV·fs. 5. 5,9  $\mu$ eV.  
7. 1,0- $10^{45}$  fotonů/s. 9. 2,047 eV. 11. (a) Infračervená  
žárovka; (b) 1,4- $10^{21}$  fotonů/s. 13. 4,7- $10^{26}$  fotonů.  
15. (a) 2,96- $10^{20}$  fotonů/s; (b) 48 600 km;  
(c) 5,89- $10^{18}$  fotonů/(m<sup>2</sup>·s). 17. Baryum a lithium.  
19. 10 eV. 21. 676 km/s. 23. (a) 1,3 V; (b) 680 km/s.  
25. 233 nm. 27. (a) 6,60- $10^{-34}$  J·s; (b) 2,27 eV;  
(c) 545 nm. 29. 9,68- $10^{-20}$  A. 31. (a) 8,57- $10^{18}$  Hz;  
(b) 35,4 keV; (c) 1,89- $10^{-23}$  kg·m/s = 35,4 keV/c.  
33. (a) 2,7 pm; (b) 6,05 pm. 37. (a) 2,43 pm;  
(b) 1,32 fm; (c) 0,511 MeV; (d) 938 MeV. 39. 300%.  
43. (a) 41,8 keV; (b) 8,2 keV. 45. 44°. 47. 1,12 keV.

49. (a) 1,7- $10^{-35}$  m; (b) jeho de Broglieho vlnová  
délka je příliš malá. 51. 7,75 pm. 53. 4,3  $\mu$ eV.  
55. (a) 38,8 meV; (b) 146 pm. 57. (a) 73 pm, 3,4 nm;  
(b) ano, jejich střední de Broglieho vlnová délka je mnohem  
menší než jejich střední vzdálenost. 59. (a) 1,24 keV,  
1,50 eV; (b) 1,24 GeV, 1,24 GeV. 61. 0,025 fm,  
asi 200krát menší než poloměr jádra. 63. Neutron.  
65. 9,70 kV (relativistický výpočet), 9,79 kV (klasický  
výpočet). 73. (d)  $x = n(\lambda/2)$ , kde  $n = 0, 1, 2, \dots$   
75. 2,1- $10^{-24}$  kg·m·s<sup>-1</sup>. 79. (a) Proton: 9,2- $10^{-6}$ ;  
deuteron: 7,6- $10^{-8}$ ; (b) 3,0 MeV pro každou; (c) 3,0 MeV  
pro každou. 81. (a)  $10^{104}$  let (nepředstavitelně dlouho);  
(b) 2- $10^{-19}$  s (menší hmotnost elektronu způsobuje obrovský  
rozdíl). 83.  $T = 10^{-x}$ , kde  $x = 3,1 \cdot 10^{39}$ , nesmírně malé  
číslo.

### Kapitola 40

**KONTROLY** 1. b, a, c. 2. (a) Všechny stejně; (b) a,  
b, c. 3. a, b, c, d. 4. (a)  $n = 1$ ; (b)  $n = 3$ ,  $n = 2$ ,  $n = 1$ .  
5. (a)  $E_{1,1}$  (ani  $n_x$  a  $n_y$  nemohou být rovny 0). 6. (a) 5;  
(b) 7.

**OTÁZKY** 1. (a) 1/4; (b) stejný násobek. 3. c.  
5. (a)  $\sqrt{1/L} \sin(\pi x/2L)$ ; (b)  $\sqrt{4/L} \sin(2\pi x/L)$ ;  
(c)  $\sqrt{2/L} \sin(\pi x/L)$ . 7. Menší. 9. (a) Širší; (b) hlubší.  
11.  $n = 1$ ,  $n = 2$ ,  $n = 3$ . 13. Menší. 15. Stejně.  
17. (a)  $n = 3$ ; (b)  $n = 1$ ; (c)  $n = 5$ .

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. Násobte  $\sqrt{2}$ . 3. 850 pm.  
5. 0,65 eV. 7. m<sup>-1</sup>. 13. (a) 5,0%; (b) 10%;  
(c) 0,95%. 15. (a) 19,6%; (b) 60,8%; (c) 19,6%.  
17. 13,3 eV. 19. (b)  $x = (2\pi/h)[2m(E_{p0} - E)]^{1/2}$ .  
21. (b)  $x = (2\pi/h)(2mE)^{1/2}$ . 23. 2,60 eV. 25. 0,75;  
1,25; 1,75; 2,00; 2,25; 3,00; 3,75. 27. 1,00; 2,00; 3,00;  
5,00; 6,00; 8,00; 9,00. 29. 2,6 eV. 31. (a) 658 nm;  
(b) 366 nm. 33. (a) 12 eV; (b) 6,5- $10^{-27}$  kg·m/s;  
(c) 103 nm. 37. (a) 0; (b) 10,2 nm<sup>-1</sup>; (c) 5,54 nm<sup>-1</sup>.  
39. (a) 13,6 eV; (b) 3,40 eV. 41. (a) 13,6 eV;  
(b) -27,2 eV. 43. (a)  $Z n = 4$  na  $n = 2$ ;  
(b) Balmerova série. 45. (a) 2,6 eV; (b)  $z n = 4$   
na  $n = 2$ . 47.  $Z n = 3$  na  $n = 1$ . 49. 43,9%.  
53.  $n \approx 4348$ . 57. (a)  $P_{2,1,0} = (r^4/8a^5)e^{-r/a} \cos^2 \theta$ ;  
 $P_{2,1,+1} = P_{2,1,-1} = (r^4/16a^5)e^{-r/a} \sin^2 \theta$ .

### Kapitola 41

**KONTROLY** 1. 7. 2. (a) Sníží se; (b)–(d) zůstane  
stejná. 3. Kratší. 4. A, C, B.

**OTÁZKY** 1. 0, 2 a 3. 3. 6p. 5. (a) 2, 8; (b) 5, 50.  
7. (a)  $n$ ; (b)  $n a$ . 9. a, c, e, f. 11. (a) Zůstane beze  
změny; (b) sníží se; (c) sníží se. 13. a, b.

**CVIČENÍ A ÚLOHY** 3. (a) 32; (b) 2; (b) 18; (d) 8.  
5. (a) 3; (b) 3. 7.  $n = 4$ ,  $l = 3$ ,  $m_l = -3, -2, -1,$   
0, 1, 2, 3. 9.  $l = 4$ ;  $n \geq 5$ ;  $m_s = \pm 1/2$ . 11. (a) 3;  
(b) 9; (c) 2; (d) 18; (e) 3. 13. (a) 3- $10^{74}$ ; (b) 6- $10^{74}$ ;  
(c) 6- $10^{-38}$  rad. 15. 54,7° a 125°. 17. (a) 58  $\mu$ eV;  
(b) 14 GHz; (c) 2,1 cm, oblast krátkých radiových

- vln. 19. 5,35 cm. 21. 19 mT. 23.  $44h^2/(8mL^2)$ .  
 25. (a)  $51h^2/(8mL^2)$ ; (b)  $56h^2/(8mL^2)$ ; (c)  $59h^2/(8mL^2)$ .  
 27.  $42h^2/(8mL^2)$ . 31. Argon. 33. (a) 2, 0, 0,  $\pm\frac{1}{2}$ ;  
 (b)  $n = 2, l = 1, m_l = 1, 0$  nebo  $-1, m_s = \pm\frac{1}{2}$ .  
 39. (a) 5,7 keV; (b) 87 pm, 14 keV; 220 pm, 5,7 keV.  
 43. (a) 35,4 pm stejně jako pro molybden; (b) 57 pm;  
 (c) 50 pm. 49. (a) 19,7 keV, 17,5 keV; (b) Zr nebo Nb  
 (lépe Zr). 51. (a)  $(Z-1)^2/(Z'-1)^2$ ; (b) 57,5; (c) 2 070.  
 53. 6. 55. (a) 2,55 s; (b) 500 ps; (c)  $(4,5 \cdot 10^{-4})^\circ$ , tj. 1,6''.  
 57. 10 000 K. 59.  $7,3 \cdot 10^{15}$  za sekundu. 61.  $2,0 \cdot 10^{16}$  za  
 sekundu. 63. 4,6 km. 65. 1,8 pm. 67. (a) 7,33  $\mu\text{m}$ ;  
 (b)  $7,07 \cdot 10^5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ; (c)  $2,49 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . 69. (a) 4,3  $\mu\text{m}$ ;  
 (b) 10  $\mu\text{m}$ ; (c) infračervené.

#### Kapitola 42

- KONTROLY** 1. (a) Větší; (b) stejná. 2. Cleveland, kov;  
 Troy, žádný; Seattle, polovodič. 3. a, b, c. 4. b. 5. b.  
**OTÁZKY** 1. 4. 3. b, c. 5. (a) Kdekoliv v mřížce;  
 (b) v každé Si-Si vazbě; (c) v křemíkovém iontu,  
 v mřížkovém bodě. 7. b a d. 9.  $+4e$ . 11. Žádný.  
 13. (a) Zprava doleva; (b) pro závěrný směr. 15. a, b, c.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 5. (a)  $+8,0 \cdot 10^{-11} \Omega \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  
 (b)  $-210 \Omega \cdot \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$ . 9. (a) 0; (b) 0,096. 13. 0,91.  
 15. (a) 90 %; (b) 12 %; (c) pro sodík. 17. (a) 2 500 K;  
 (b) 5 300 K. 19. (a)  $2,7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ ; (b)  $8,4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ;  
 (c) 3 100; (d) molekuly: 3,3 nm; elektrony: 0,23 nm.  
 21. (a) 1,0, 0,99, 0,50, 0,014,  $2,5 \cdot 10^{-17}$ ; (b) 700 K.  
 25. (a)  $5,9 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ; (b) 5,5 eV; (c)  $1 390 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  
 (d) 0,52 nm. 27. (b)  $1,80 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$ .  
 31. (a) 19,7 kJ; (b) 197 s. 33. 200 °C. 35. (a)  $109,5^\circ$ ;  
 (b) 235 pm. 37. (a) 225 nm; (b) v ultrafialové oblasti.  
 41. 0,22  $\mu\text{g}$ . 43. (a) 0,744 eV nad vrcholem valenčního  
 pásu; (b)  $7,13 \cdot 10^{-7}$ . 45. (b)  $2,5 \cdot 10^8$ . 47. Neprůhledný.  
 49. (a)  $5,0 \cdot 10^{-17} \text{ F}$ ; (b) okolo 300e.

#### Kapitola 43

- KONTROLY** 1.  ${}^{90}\text{As}$  a  ${}^{158}\text{Nd}$ . 2. Trochu větší než  
 75 Bq (uplynulo o trochu méně než tři poločasy rozpadu).  
 3.  ${}^{206}\text{Pb}$ .  
**OTÁZKY** 1. Menší. 3.  ${}^{240}\text{U}$ . 5. Menší. 7. (a) Na  
 přímce  $N = Z$ ; (b) pozitrony; (c) okolo 120. 9. Ne.  
 11. Ano. 13. (a) Zvětší se; (b) zůstane stejná. 15. 7 h.  
 17. d.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. 15,8 fm. 3. (a) 0,390 MeV;  
 (b) 4,61 MeV. 5. (a) Šest; (b) osm. 9. (a) 1 150 MeV;  
 (b) 4,81 MeV na nukleon, 12,2 MeV na proton.  
 15.  $4 \cdot 10^{-22} \text{ s}$ . 17.  $E_k \approx 30 \text{ MeV}$ . 21. (a) 19,8 MeV,  
 6,26 MeV, 2,22 MeV; (b) 28,3 MeV; (c) 7,07 MeV.  
 23.  $1,6 \cdot 10^{25} \text{ MeV}$ . 25. 7,92 MeV. 27. 280 d.  
 29. (a)  $7,6 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $4,9 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$ .  
 31. (a)  $4,8 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $4,6 \cdot 10^9 \text{ y}$ . 33.  $5,3 \cdot 10^{22}$ .

35. 265 mg. 37. 209 d. 39. 87,8 mg. 41.  $730 \text{ cm}^2$ .  
 45. (a)  $3,66 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $t \gg 3,82 \text{ d}$ ; (c)  $3,66 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$ ;  
 (d) 6,42 ng. 47. Pu:  $1,2 \cdot 10^{-17}$ , Cm:  $e^{-9173} \approx 0$ .  
 49. (a) 4,25 MeV; (b)  $-24,1 \text{ MeV}$ ; (c) 28,3 MeV.  
 51.  $Q_3 = -9,50 \text{ MeV}$ ,  $Q_4 = 4,66 \text{ MeV}$ ,  $Q_5 = -1,30 \text{ MeV}$ .  
 53. 1,21 MeV. 55. 0,782 MeV. 59. (b) 0,961 MeV.  
 61. 78,4 eV. 63. 1 600 y. 65. 1,8 mg. 67. 1,02 mg.  
 69. (a) 18 mJ; (b) 2,9 mSv = 0,29 rem. 71. (a)  $6,3 \cdot 10^{18}$ ;  
 (b)  $2,5 \cdot 10^{11}$ ; (c) 0,20 J; (d) 2,3 mGy; (e) 30 mSv.  
 73.  $3,87 \cdot 10^{10} \text{ K}$ . 75. (a) 25,4 MeV; (b) 12,8 MeV;  
 (c) 25,0 MeV. 77. (a) 3,85 MeV, 7,95 MeV;  
 (b) 3,98 MeV, 7,33 MeV. 79. (a) 5,8 MeV; (b) 11 MeV.

#### Kapitola 44

- KONTROLY** 1. c, d. 2. (a) Ne; (b) ano; (c) ne. 3. e.  
**OTÁZKY** 1. a. 3. b. 5. (a)  ${}^{93}\text{Sr}$ ; (b)  ${}^{140}\text{I}$ ; (c)  ${}^{155}\text{Nd}$ .  
 7. c. 9. a. 11. c.  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1. (a)  $2,6 \cdot 10^{24}$ ; (b)  $8,2 \cdot 10^{13} \text{ J}$ ;  
 (c)  $2,6 \cdot 10^4 \text{ y}$ . 3.  $3,1 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$ . 7.  $+5,00 \text{ MeV}$ .  
 9. (a) 16 rozpadů za den; (b)  $4,3 \cdot 10^8$ . 11. (a) 10;  
 (b) 226 MeV. 13. (a) 252 MeV; (b) typická energie štěpení  
 je 200 MeV. 15. 461 kg. 17. Ano. 19. (a) 1,2 MeV;  
 (b) 3,2 kg. 21. 44 kilotun. 25.  $1,6 \cdot 10^{16}$ . 27. (b) 1,0,  
 0,89, 0,28, 0,019; (c) 8. 29. (a) 75 kW; (b) 5 800 kg.  
 33. (a) 30 MeV; (b) 6 MeV. 35. (a) 170 kV.  
 37. 1,41 MeV. 41. (a)  $3,1 \cdot 10^{31}$  protonů/ $\text{m}^3$ ;  
 (b)  $1,2 \cdot 10^6$ krát. 43. (a)  $4,0 \cdot 10^{27} \text{ MeV}$ ; (b)  $5,1 \cdot 10^{26} \text{ MeV}$ .  
 45. (a)  $1,83 \cdot 10^{38} \text{ s}^{-1}$ ; (b)  $8,25 \cdot 10^{28} \text{ s}^{-1}$ .  
 49. (a)  $6,3 \cdot 10^{14} \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; (b)  $6,2 \cdot 10^{11} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  
 (c)  $4,3 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (d)  $15 \cdot 10^9 \text{ y}$ . 51. (a) 24,9 MeV;  
 (b) 8,65 megaton TNT. 53.  $E_\alpha = 3,52 \text{ MeV}$ ,  
 $E_n = 14,1 \text{ MeV}$ .

#### Kapitola 45

- KONTROLY** 1. (a) Mionové; (b) částice; (c)  $L_\mu = +1$ .  
 2. b, e. 3. c.  
**OTÁZKY** 1. d. 3.  $\pi^+$  pion nalevo, jehož dráha se  
 zakřívuje dolů. 5. a, b, c, d. 7. c, f. 9. 1d, 2e, 3a, 4b,  
 5c. 11. 1b, 2c, 3d, 4e, 5a. 13. (a) 0; (b)  $+1$ ; (c)  $-1$ ;  
 (d)  $+1$ ; (e)  $-1$ .  
**CVIČENÍ A ÚLOHY** 1.  $6,03 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$ . 3.  $2,4 \cdot 10^{-43}$ .  
 5.  $1,08 \cdot 10^{42} \text{ J}$ . 7.  $2,7 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ . 9. (a)  $1,9 \cdot 10^{-18} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  
 (b) 9,9 m. 13. (a)  $L_\mu, L_e$ , moment hybnosti; (b) náboj;  
 (c) energie,  $L_\mu$ . 15.  $Q = 0, B = -1, S = 0$ .  
 17. (a) Energie; (b) podivnost; (c) náboj. 19. 338 MeV.  
 23. (a)  $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$ ; (b)  $\bar{u}\bar{d}\bar{d}$ . 25. (a) sud; (b) uss. 29.  $\Sigma^0$ ,  
 7 530 km/s. 31. 669 nm. 33. (b) 0,934; (c)  $1,15 \cdot 10^{10} \text{ ly}$ .  
 35. (a) 256  $\mu\text{eV}$ ; (b) 4,84 mm. 37. (a)  $122 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  
 (b) 246 y. 39. (a) 2,6 K; (b) 29 mm. 41. (a) 0,785c;  
 (b) 0,993c; (c) C2; (d) C1; (e) 51 ns; (f) 40 ns.  
 43. (a)  $4,7 \cdot 10^4$ krát; (b) 4,3 mm; (c) 24 nm.