Universidade do Algarve Faculdade de Ciências e Tecnologia

Física I

Licenciaturas em Engenharia Informática e Bioengenharia 1º ano, 2º semestre

Respostas aos problemas Halliday & Resnick, 10^a Ed.

(Excepto 1ª Série - cap. 3)

José Mariano Ano lectivo de 2024/2025

dos Testes e das Perguntas e Problemas Ímpares

Capítulo 1

PR 1. (a) $4,00 \times 10^4$ km; (b) $5,10 \times 10^8$ km²; (c) $1,08 \times 10^{12}$ km³ **3.** (a) 10^9 μm; (b) 10^{-4} ; (c) $9,1 \times 10^5$ μm **5.** (a) 160 varas; (b) 40 cadeias **7.** $1,1 \times 10^3$ acres-pés **9.** $1,9 \times 10^{22}$ cm³ **11.** (a) 1,43; (b) 0,864 **13.** (a) 495 s; (b) 141 s; (c) 198 s; (d) -245 s **15.** $1,21 \times 10^{12}$ μs **17.** C, D, A, B, E; o critério importante é a constância dos resultados, independentemente do valor **19.** $5,2 \times 10^6$ m **21.** $9,0 \times 10^{49}$ átomos **23.** (a) 1×10^3 kg; (b) 158 kg/s **25.** $1,9 \times 10^5$ kg **27.** (a) $1,18 \times 10^{-29}$ m³; (b) 0,282 nm **29.** $1,75 \times 10^3$ kg **31.** 1,43 kg/min **33.** (a) 293 alqueires americanos; (b) $3,81 \times 10^3$ alqueires americanos **35.** (a) 22 pecks; (b) 5,5 Imperial bushels; (c) 200 L **37.** 8×10^2 km **39.** (a) 18,8 galões; (b) 22,5 galões **41.** 0,3 cord **43.** 3,8 mg/s **45.** (a) sim; (b) 8,6 segundos do universo **47.** 0,12 UA/min **49.** (a) 3,88; (b) 7,65; (c) 156 ken³; (d) $1,19 \times 10^3$ m³ **51.** (a) 3,9 m, 4,8 m; (b) $3,9 \times 10^3$ mm, $4,8 \times 10^3$ mm; (c) 2,2 m³, 4,2 m³ **53.** (a) $4,9 \times 10^{-6}$ parsecs; (b) $1,6 \times 10^{-5}$ anos-luz **55.** (a) 3 nabucodonosores e 1 matusalém; (b) 0,37 garrafa normal; (c) 0,26 L **57.** 10,7 pimentas habanero **59.** 700 a 1500 ostras

Capítulo 2

T 1. b e c **2.** (verifique a derivada dx/dt) (a) 1 e 4; (b) 2 e 3 **3.** (a) positivo; (b) negativo; (c) negativo; (d) positivo **4.** 1 e 4 ($a = d^2 x/dt^2$ deve ser constante) **5.** (a) positivo (deslocamento para cima ao longo do eixo y); (b) negativo (deslocamento para baixo ao longo do eixo y); (c) a = -g = -9.8 m/s²

P 1. (a) negativo; (b) positivo; (c) sim; (d) positiva; (e) constante **3.** (a) todas iguais; (b) 4, 1 e 2, 3 **5.** (a) positivo; (b) negativo; (c) 3 e 5; (d) 2 e 6, 3 e 5, 1 e 4 **7.** (a) *D*; (b) *E* **9.** (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3; (c) todas iguais; (d) 1, 2, 3 **11.** 1 e 2, 3

PR 1. 13 m **3.** (a) +40 km/h; (b) 40 km/h **5.** (a) 0; (b) -2 m; (c) 0; (d) 12 m; (e) +12 m; (f) +7 m/s **7.** 60 km **9.** 1,4 m **11.** 128 km/h **13.** (a) 73 km/h; (b) 68 km/h; (c) 70 km/h; (d) 0 **15.** (a) -6 m/s; (b) no sentido negativo; (c) 6 m/s; (d) diminuindo; (e) 2 s; (f) não **17.** (a) 28,5 cm/s; (b) 18,0 cm/s; (c) 40,5 cm/s; (d) 28,1 cm/s; (e) 30,3 cm/s **19.** -20 m/s² **21.** (a) 1,10 m/s; (b) 6,11 mm/s²; (c) 1,47 m/s; (d) 6,11 mm/s² **23.** 1,62 × 10^{15} m/s² **25.** (a) 30 s; (b) 300 m **27.** (a) +1,6 m/s; (b) +18 m/s **29.** (a) 10,6 m; (b) 41,5 s **31.** (a) 3,1 × 10^6 s; (b) 4,6 × 10^{13} m **33.** (a) 3,56 m/s²; (b) 8,43 m/s **35.** 0,90 m/s² **37.** (a) 4,0 m/s²; (b) positivo **39.** (a) -2,5m/s²; (b) 1; (d) 0; (e) 2 **41.** 40 m **43.** 0,994 m/s² **45.** (a) 31 m/s; (b) 6,4 s **47.** (a) 29,4 m; (b) 2,45 s

49. (a) 5,4 s; (b) 41 m/s **51.** (a) 20 m; (b) 59 m **53.** 4,0 m/s **55.** (a) 857 m/s²; (b) para cima **57.** (a) 1,26 × 10^3 m/s²; (b) para cima **59.** (a) 89 cm; (b) 22 cm **61.** 20,4 m **63.** 2,34 m **65.** (a) 2,25 m/s; (b) 3,90 m/s **67.**

0,56 m/s **69.** 100 m **71.** (a) 2,00 s; (b) 12 cm; (c) −9,00 cm/s²; (d) para a direita; (e) para a esquerda; (f)

3,46 s **73.** (a) 82 m; (b) 19 m/s **75.** (a) 0,74 s; (b) 6,2 m/s² **77.** (a) 3,1 m/s²; (b) 45 m; (c) 13 s **79.** 17 m/s **81.** +47 m/s **83.** (a) 1,23 cm; (b) por 4; (c) por 9; (d) por 16; (e) por 25 **85.** 25 km/h **87.** 1,2 × **89.** 4H **91.**

(a) 3,2 s; (b) 1,3 s **93.** (a) 8,85 m/s; (b) 1,00 m **95.** (a) 2,0 m/s²; (b) 12 m/s; (c) 45 m **97.** (a) 48,5 m/s; (b)

4,95 s; (c) 34,3 m/s; (d) 3,50 s **99.** 22,0 m/s **101.** (a) $v = (v^2 + 2gh)^{0.5}$; (b) $t = [(v^2 + 2gh)^{0.5} - v^0]/g$; (c) igual a (a); (d) $t = [(v^2 + 2gh)^{0.5} + v^0]/g$, maior que **103.** 414 ms **105.** 90 m **107.** 0,556 s **109.** (a) 0,28 m/s²; (b) 0,28 m/s² **111.** (a) 10,2 s; (b) 10,0 m **113.** (a) 5,44 s; (b) 53,3 m/s; (c) 5,80 m **115.** 2,3 cm/min **117.** 0,15 m/s **119.** (a) 1,0 cm/s; (b) 1,6 cm/s, 1,1 cm/s, 0; (c) -0.79 cm/s²; (d) 0, -0.87 cm/s², -1.2 cm/s²

Capítulo 3

T 1. (a) 7 m (\vec{a} e \vec{b} no mesmo sentido); (b) l m (\vec{a} e \vec{b} em sentidos opostos) **2.** c, d, f (a origem da segunda componente deve coincidir com a extremidade da primeira; a deve ligar a origem da primeira componente com a extremidade da segunda) **3.** (a) +, +; (b) +, -; (c) +, + (o vetor deve ser traçado da origem de d^1 à extremidade de d^2) **4.** (a) 90°; (b) 0° (os vetores são paralelos); (c) 180° (os vetores são antiparalelos) **5.** (a) 0° ou 180°; (b) 90°

P 1. sim, se os vetores forem paralelos **3.** A sequência \vec{d}_2 , \vec{d}_1 ou a sequência \vec{d}_2 , \vec{d}_2 , \vec{d}_3 **5.** todos, menos (e) **7.** (a) sim; (b) sim; (c) não **9.** (a) +*x* para (1), +*z* para (2), +*z* para (3); (b) -*x* para (1), -*z* para (2), -*z* para (3) **11.** \vec{s} , \vec{p} , \vec{r} ou **13.** Corretas: c, d, f, h. Incorretas: a (não é possível calcular o produto escalar de um vetor por um escalar), b (não é possível calcular o produto vetorial de um vetor por um escalar), e, g, i, j (não é possível somar um escalar e um vetor).

PR 1. (a) -2,5 m; (b) -6,9 m **3.** (a) 47,2 m; (b) 122° **5.** (a) 156 km; (b) 39,8° a oeste do norte **7.** (a) paralelos; (b) antiparalelos; (c) perpendiculares **9.** (a) (3,0 m) i - (2,0 m) j + (5,0 m) k; (b) $(5,0 \text{ m}) \text{ }^{\uparrow}_{1} - (4,0 \text{ m}) \text{ }^{\uparrow}_{2} - (4,0 \text{ m}) \text{ }^{\downarrow}_{3} - (4,$ m)j - (3.0 m)k; (c) (-5.0 m) \hat{i} + (4.0 m) \hat{j} + (3.0 m) \hat{k} **11.** (a) (-9.0 m) \hat{i} + (10 m) \hat{j} ; (b) 13 m; (c)132° **13.** 4,74 km 15. (a) 1,59 m; (b) 12,1 m; (c) 12,2 m; (d) $82,5^{\circ} 17.$ (a) 38 m; (b) $-37,5^{\circ}$; (c) 130 m; (d) $1,2^{\circ}$; (e) 62 m; (f) 130° **19.** (a) 5,39 m; (b) 21,8° à esquerda **21.** (a) -70,0 cm; (b) 80,0 cm; (c) 141 cm; (d) -172° **23.** 3,2 **25.** 2,6 km **27.** (a) 8i + 16j; (b) 2i + 4j **29.** (a) 7,5 cm; (b) 90°; (c) 8,6 cm; (d) 48° **31.** (a) 9,51 m; (b) 14,1 m; (c) 13,4 m; (d) 10,5 m **33.** (a) 12; (b) $\pm z$; (c) 12; (d) $\pm z$; (e) 12; (f) $\pm z$ **35.** (a) $\pm 18,8$ unidades; (b) 26,9 unidades, na direção +z **37.** (a) -21; (b) -9; (c) 5_1° - 11 1_1° - 1_1° - 1(b) 0; (c) 3,46 m; (d) 2,00 m; (e) -5,00 m; (f) 8,66 m; (g) -6,67; (h) 4,33 **45.** (a) -83,4; (b) $(1,14 \times 10^3)$ k; (c) $1,14 \times 10^3$, θ não é definido, $\phi = 0^\circ$; (d) $90,0^\circ$; (e) $-5,14^\circ_1 + 6,13^\circ_1 + 3,00^\circ_k$; (f) 8,54, $\theta = 130^\circ$, $\phi = 130^\circ$ 69,4° **47.** (a) 140°; (b) 90,0°; (c) 99,1° **49.** (a) 103 km; (b) 60,9° ao norte do oeste **51.** (a) 27,8 m; (b) 13,4 m **53.** (a) 30; (b) 52 **55.** (a) -2,83 m; (b) -2,83 m; (c) 5,00 m; (d) 0; (e) 3,00 m; (f) 5,20 m; (g) 5,17 m; (h) 2,37 m; (i) 5,69 m; (j) 25° ao norte do leste; (k) 5,69 m; (1) 25° ao sul do oeste **57.** 4,1 **59.** (a) $(9,19 \text{ m})_{\hat{i}}^{\hat{i}'} + (7,71 \text{ m})_{\hat{j}}^{\hat{i}'}; (b) (14,0 \text{ m})_{\hat{i}}^{\hat{i}'} + (3,41 \text{ m})_{\hat{j}}^{\hat{i}'}$ **61.** (a) $11_{\hat{i}}^{\hat{i}} + 5,0_{\hat{j}} - 7,0_{\hat{k}};$ (b) 120° ; (c) -4,9; (d) 7,3**63.** (a) 3,0 m²; (b) 52 m³; (c) $(11 \text{ m}^2)_1^2 + (9,0 \text{ m}^2)_1^2 + (3,0 \text{ m}^2)_k^2$; **65.** (a) $(-40_1^2 - 20_1^2 + 25_k^2 \text{ m}; (b)45 \text{ m}$ **67.** (a) 0; (b) 0; (c) -1; (d) para oeste; (e) para cima; (f) para oeste **69.** (a) 168 cm; (b) 32,5° **71.** (a) 15 m; (b) sul; (c) 6,0 m; (d) norte 73. (a)2k; (b) 26; (c) 46; (d) 5,81 75. (a) para cima; (b) 0; (c) sul; (d) 1; (e) 0 77.

Capítulo 4

T 1. (trace \vec{v} tangente à trajetória, com a origem na trajetória) (a) primeiro; (b) terceiro **2.** (calcule a derivada segunda em relação ao tempo) (1) e (3) a_x e a_y são constantes e, portanto, \vec{a} é constante; (2) e (4) a_y é constante mas a_x não é constante e, portanto, \vec{a} não é constante **3.** sim **4.** (a) v_x é constante; (b) v_y é inicialmente positiva, diminui até zero e depois se torna cada vez mais negativa; (c) a_x = 0 sempre; (d) a_y

(a) $(1300 \text{ m})_{\hat{i}}^{\hat{i}} + (2200 \text{ m})_{\hat{i}}^{\hat{i}} - (410 \text{ m})_{\hat{k}}^{\hat{i}}$; (b) $2,56 \times 10^3 \text{ m}$ **79.** 8,4

- = -g sempre 5. (a) $-(4 \text{ m/s})_{\hat{i}}$; (b) $-(8 \text{ m/s}^2)_{\hat{j}}$
- **P 1.** *a* e *b* empatados, *c* **3.** diminui **5.** *a*, *b*, *c* **7.** (a) 0; (b) 350 km/h; (c) 350 km/h; (d) igual (a componente vertical do movimento seria a mesma) **9.** (a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 3, 2, 1; (d) 3, 2, 1 **11.** 2, depois 1 e 4 empatados, depois 3 **13.** (a) sim; (b) não; (c) sim **15.** (a) diminui; (b) aumenta **17.** no ponto em que a altura é máxima
- **PR 1.** (a) 6,2 m **3.** $(-2,0 \text{ m})^{\hat{}}_1$ + $(6,0 \text{ m})^{\hat{}}_1$ - $(10 \text{ m})^{\hat{}}_k$ **5.** (a) 7,59 km/h; (b) 22,5° a leste do norte **7.** $(-0,70)^{\hat{}}_1$ $m/s)_{\hat{i}}$ + $(1.4 \text{ m/s})_{\hat{i}}$ - $(0.40 \text{ m/s})_{\hat{k}}$ **9.** (a) 0.83 cm/s; (b) 0°; (c) 0.11 m/s; (d) -63° **11.** (a) $(6.00 \text{ m})_{\hat{i}}$ - $(106 \text{ m/s})_{\hat{i}}$ m)j; (b) $(19.0 \text{ m/s})_{\hat{i}}^{\hat{i}} - (224 \text{ m/s})_{\hat{j}}^{\hat{i}}$; (c) $(24.0 \text{ m/s}^2)_{\hat{i}}^{\hat{i}} - (336 \text{ m/s}^2)_{\hat{j}}^{\hat{i}}$; (d) -85.2° **13.** (a) $(8 \text{ m/s}^2)t_{\hat{j}}^{\hat{i}} + (1 \text{ m/s})_{\hat{k}}^{\hat{i}}$; (b) $(8 \text{ m/s}^2)^{\hat{i}}$ **15.** (a) $(-1.50 \text{ m/s})^{\hat{i}}$; (b) $(4.50 \text{ m})^{\hat{i}}$ $-(2.25 \text{ m})^{\hat{i}}$ **17.** $(32 \text{ m/s})^{\hat{i}}$ **19.** (a) $(72.0 \text{ m})^{\hat{i}}$ + $(90.7 \text{ m})^{\hat{i}}$; (b) 49,5° **21.** (a) 18 cm; (b) 1,9 m **23.** (a) 3,03 s; (b) 758 m; (c) 29,7 m/s **25.** 43,1 m/s (155 km/h) **27.** (a) 10,0 s; (b) 897 m **29.** 78,5° **31.** 3,35 m **33.** (a) 202 m/s; (b) 806 m; (c) 161 m/s; (d) -171 m/s **35.** 4,84 cm **37.** (a) 1,60 m; (b) 6,86 m; (c) 2,86 m **39.** (a) 32,3 m; (b) 21,9 m/s; (c) -40,4° **41.** 55,5° **43.** (a) 11 m; (b) 23 m; (c) 17 m/s; (d) 63° **45.** (a) na rampa; (b) 5,82 m; (c) 31,0° **47.** (a) sim; (b) 2,56 m **49.** (a) 31°; (b) 63° **51.** (a) 2,3°; (b) 1,4 m; (c) 18° **53.** (a) 75,0 m; (b) 31,9 m/s; (c) 66,9°; (d) 25,5 m **55.** no terceiro **57.** (a) 7,32 m; (b) para oeste; (c) para o norte **59.** (a) 12 s; (b) 4,1 m/s²; (c) para baixo; (d) 4,1 m/s²; (e) para cima **61.** (a) 1.3×10^5 m/s; (b) 7.9×10^5 m/s²; (c) aumentam **63.** 2.92 m **65.** $(3.00 \text{ m/s}^2)^{^{\circ}}_{1} + (6.00 \text{ m/s}^2)^{^{\circ}}_{1}$ **67.** 160 m/s² **69.** (a) 13 m/s²; (b) para leste; (c) 13 m/s²; (d) para leste **71.** 1,67 **73.** (a) $(80 \text{ km/h})^{\hat{}}_{\hat{1}}$ – (60 km/h) \hat{j} ; (b) 0°; (c) não **75.** 32 m/s **77.** 60° **79.** (a) 38 nós; (b) 1,5° a leste do norte; (c) 4,2 h; (d) 1,5° a oeste do sul **81.** (a) $(-32 \text{ km/h})_{\hat{1}}^{\hat{1}} - (46 \text{ km/h})_{\hat{1}}^{\hat{1}}$; (b) $[(2,5 \text{ km}) - (32 \text{ km/h})t]_{\hat{1}}^{\hat{1}} + [(4,0 \text{ km}) - (46 \text{ km/h})t]_{\hat{1}}^{\hat{1}}$; (c) 0,084 h; (d) 2×10^2 m **83.** (a) -30° ; (b) 69 min; (c) 80 min; (d) 80 min; (e) 0° ; (f) 60 min **85.** (a) 2,7 km; (b) 76° no sentido horário **87.** (a) 44 m; (b) 13 m; (c) 8,9 m **89.** (a) 45 m; (b) 22 m/s **91.** (a) 2,6 × 10² m/s; (b) 45 s; (c) aumentaria 93. (a) 63 km; (b) 18° ao sul do leste; (c) 0,70 km/h; (d) 18° ao sul do leste; (e) 1,6 km/h; (f) 1,2 km/h; (g) 33° ao norte do leste **95.** (a) 1,5; (b) (36 m, 54 m) **97.** (a) 62 ms; (b) 4.8×10^2 m/s **99.** 2,64 m **101.** (a) 2,5 m; (b) 0,82 m; (c) 9,8 m/s²; (d) 9,8 m/s² **103.** (a) 6,79 km/h; (b) 6,96° **105.** (a) 16 m/s; (b) 23°; (c) acima; (d) 27 m/s; (e) 57°; (f) abaixo **107.** (a) 4,2 m, 45°; (b) 5,5 m, 68°; (c) 6,0 m, 90°; (d) 4,2 m, 135°; (e) 0,85 m/s, 135°; (f) 0,94 m/s, 90°; (g) 0,94 m/s, 180°; (h) 0,30 m/s², 180°; (i) 0,30 m/s², 270° **109.** (a) 5,4 × 10⁻¹³ m; (b) diminui **111.** (a) 0,034 m/s²; (b) 84 min **113.** (a) 8,43 m; (b) -129° **115.** (a) 2,00 ns; (b) 2,00 mm; (c) $1,00 \times 10^7$ m/s; (d) $2,00 \times 10^6$ m/s **117.** (a) 24 m/s; (b) 65° **119.** 93° em relação à direção do movimento do vagão **121.** (a) 4.6×10^{12} m; (b) 2.4×10^{5} s **123.** (a) 6.29° ; (b) 83.7° **125.** 3×10^{1} m **127.** (a) $(6,0_{\hat{1}} + 4,2_{\hat{1}})$ m/s; (b) $(18_{\hat{1}} + 6,3_{\hat{1}})$ m **129.** (a) 38 ft/s; (b) 32 ft/s; (c) 9,3 ft **131.** (a)

Capítulo 5

T 1. *c*, *d* e *e* **2.** (a) e (b) 2 N, para a esquerda (a aceleração é zero nas duas situações) **3.** (a) igual; (b) maior (a aceleração é para cima e, portanto, a força resultante é para cima) **4.** (a) igual; (b) maior; (c) menor **5.** (a) aumentam; (b) sim; (c) permanecem os mesmos; (d) sim

11 m; (b) 45 m/s **133.** (a) 5,8 m/s; (b) 17 m; (c) 67° **135.** (a) 32,4 m; (b) -37,7 m **137.** 88,6 km/h

P 1. (a) 2, 3, 4; (b) 1, 3, 4; (c) 1,+*y*; 2, +*x*; 3, quarto quadrante; 4, terceiro quadrante **3.** aumentar **5.** (a) 2 e 4; (b) 2 e 4 **7.** (a) *M*; (b) *M*; (c) *M*; (d) 2*M*; (e) 3*M* **9.** (a) 20 kg; (b) 18 kg; (c) 10 kg; (d) todas iguais; (e) 3, 2, 1 **11.** (a) aumenta a partir do valor inicial *mg*; (b) diminui de *mg* até zero (e depois o bloco

perde o contato com o piso) **PR 1.** 2,9 m/s² **3.** (a) 1,88 N; (b) 0,684 N; (c) $(1,88 \text{ N})_1^{\hat{}} + (0,684 \text{ N})_1^{\hat{}}$ **5.** (a) $(0,86 \text{ m/s}^2)_1^{\hat{}} - (0,16 \text{ m/s}^2)_1^{\hat{}}$;

(b) 0.88 m/s^2 ; (c) -11° **7.** (a) (-32.0 N)i - (20.8 N)j; (b) 38.2 N; (c) -147° **9.** (a) 8.37 N; (b) -133° ; (c)

-125° **11.** 9,0 m/s² **13.** (a) 4,0 kg; (b) 1,0 kg; (c) 4,0 kg; (d) 1,0 kg **15.** (a) 108 N; (b) 108 N; (c) 108 N **17.**

(a) 42 N; (b) 72 N; (c) 4,9 m/s² **19.** 1,2 × 10⁵ N **21.** (a) 11,7 N; (b) -59.0° **23.** (a) (285 N)₁ + (705 N)₁; (b) $(285 \text{ N})_{1}^{\circ} - (115 \text{ N})_{1}^{\circ}$; (c) 307 N; (d) 22.0° ; (e) 3.67 m/s^{2} (f) 22.0° **25.** (a) 0.022 m/s^{2} ; (b) $8.3 \times 10^{4} \text{ km}$;

(c) 1.9×10^3 m/s **27.** 1.5 mm **29.** (a) 494 N; (b) para cima; (c) 494 N; (d) para baixo **31.** (a) 1.18 m; (b) 0,674 s; (c) 3,50 m/s 33. $1,8 \times 10^4 \text{ N}$ 35. (a) $46,7^\circ$; (b) $28,0^\circ$ 37. (a) $0,62 \text{ m/s}^2$; (b) $0,13 \text{ m/s}^2$; (c) 2,6 m

39. (a) 2.2×10^{-3} N; (b) 3.7×10^{-3} N **41.** (a) 1.4 m/s²; (b) 4.1 m/s **43.** (a) 1.23 N; (b) 2.46 N; (c) 3.69 N;

(d) 4,92 N; (e) 6,15 N; (f) 0,250 N **45.** (a) 31,3 kN; (b) 24,3 kN **47.** $6,4 \times 10^3$ N **49.** (a) 2,18 m/s²; (b) 116 N; (c) 21,0 m/s² 51. (a) 3,6 m/s²; (b) 17 N 53. (a) 0,970 m/s²; (b) 11,6 N; (c) 34,9 N 55. (a) 1,1 N 57. (a)

 0.735 m/s^2 ; (b) para baixo; (c) 20,8 N **59.** (a) 4,9 m/s²; (b) 2,0 m/s²; (c) para cima; (d) 120 N **61.** 2*Ma*/(*a* + g) **63.** (a) 8,0 m/s; (b) +x **65.** (a) 0,653 m/s³; (b) 0,896 m/s³; (c) 6,50 s **67.** 81,7 N **69.** 2,4 N **71.** 16 N **73.** (a) 2,6 N; (b) 17° **75.** (a) 0; (b) 0,83 m/s²; (c) 0 **77.** (a) 0,74 m/s²; (b) 7,3 m/s² **79.** (a) 11 N; (b) 2,2 kg;

(c) 0; (d) 2,2 kg **81.** 195 N **83.** (a) 4,6 m/s²; (b) 2,6 m/s² **85.** (a) a corda arrebenta; (b) 1,6 m/s² **87.** (a) 65 N; (b) 49 N **89.** (a) 4.6×10^3 N; (b) 5.8×10^3 N **91.** (a) 1.8×10^2 N; (b) 6.4×10^2 N **93.** (a) 44 N; (b) 78 N; (c) 54 N; (d) 152 N **95.** (a) 4 kg; (b) 6.5 m/s^2 ; (c) 13 N **97.** (a) (1.0i - 2.0j) N; (b) 2.2 N; (c) -63° ; (d)

 $2,2 \text{ m/s}^2$; (e) -63°

Capítulo 6

T 1. (a) zero (porque não há tentativa de deslizamento); (b) 5 N; (c) não; (d) sim; (e) 8 N **2.** (\vec{a} sempre aponta para o centro da trajetória circular) (a) \vec{a} aponta para baixo, \vec{F}_N aponta para cima; (b) \vec{a} e \vec{F}_N apontam para cima; (c) igual; (d) maior

P 1. (a) diminui; (b) diminui; (c) aumenta; (d) aumenta; (e) aumenta **3.** (a) permanece o mesmo; (b) aumenta; (c) aumenta; (d) não 5. (a) para cima; (b) horizontal, na sua direção; (c) não varia; (d) aumenta; (e) aumenta 7. A princípio, \vec{f}_s aponta para cima ao longo da rampa, e o módulo aumenta a partir de mgsen θ até atingir $f_{s,máx}$. Daí em diante, a força se torna a força de atrito cinético, que aponta para cima ao longo da rampa e cujo módulo é f_k (um valor constante menor que $f_{s,máx}$). 9. Primeiro 4, depois 3 e depois 1, 2 e 5 empatadas **11.** (a) todas iguais; (b) todas iguais; (c) 2, 3, 1 **13.** (a) aumenta; (b) aumenta; (c) diminui; (d) diminui; (e) diminui

PR 1. 36 m 3. (a) 2.0×10^2 N; (b) 1.2×10^2 N 5. (a) 6.0 N; (b) 3.6 N; (c) 3.1 N 7. (a) 1.9×10^2 N; (b) 0.56 m/s^2 **9.** (a) 11 N; (b) 0.14 m/s^2 **11.** (a) $3.0 \times 10^2 \text{ N}$; (b) 1.3 m/s^2 **13.** (a) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $n\tilde{a}o$; (c) $1.1 \times 10^2 \text{ N}$; (b) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (c) $1.1 \times 10^2 \text{ N}$; (d) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (e) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (e) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (e) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (f) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (g) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (h) $1.3 \times 10^2 \text{ N}$; (h 10² N; (d) 46 N; (e) 17 N **15.** 2° **17.** (a) $(17 \text{ N})_{\hat{i}}$; (b) $(20 \text{ N})_{\hat{i}}$; (c) $(15 \text{ N})_{\hat{i}}$ **19.** (a) $(17 \text{ N})_{\hat{i}}$ +

(5,0N) 21. (a) 19°; (b) 3,3 kN 23. 0,37 25. 1,0 × 10² N 27. (a) 0; (b) $(-3,9 \text{ m/s}^2)$; (c) $(-1,0 \text{ m/s}^2)$ 29. (a) 66 N; (b) 2,3 m/s² **31.** (a) 3,5 m/s²; (b) 0,21 N **33.** 9,9 s **35.** 4,9v10² N **37.** (a) 3,2 × 10² km/h; (b) 6,5 ×

10² km/h; (c) não **39.** 2,3 **41.** 0,60 **43.** 21 m **45.** (a) mais leve; (b) 778 N; (c) 223 N; (d) 1,11 kN **47.** (a) 10 s; (b) 4.9×10^2 N; (c) 1.1×10^3 N **49.** 1.37×10^3 N **51.** 2.2 km **53.** 12° **55.** 2.6×10^3 N **57.** 1.81 m/s

59. (a) 8,74 N; (b) 37,9 N; (c) 6,45 m/s; (d) na direção da haste **61.** (a) 27 N; (b) 3,0 m/s² **63.** (b) 240 N;

(c) 0,60 **65.** (a) 69 km/h; (b) 139 km/h; (c) sim **67.** $g(\text{sen }\theta - 2^{0.5} \mu^k \cos \theta)$ **69.** 3,4 m/s² **71.** (a) 35,3 N; (b)

39,7 N; (c) 320 N **73.** (a) 7,5 m/s²; (b) para baixo; (c) 9,5 m/s²; (d) para baixo **75.** (a) 3,0 × 10⁵ N; (b) 1,2° **77.** 147 m/s **79.** (a) 13 N; (b) 1,6 m/s² **81.** (a) 275 N; (b) 877 N **83.** (a) 84,2 N; (b) 52,8 N; (c) 1,87 m/s² **85.** 3,4% **87.** (a) 3,21 × 10³ N; (b) sim **89.** (a) 222 N; (b) 334 N; (c) 311 N; (d) 311 N; (e) c, d **91.** (a) v^2 $_0$ /(4g sen θ); (b) não **93.** (a) 0,34; (b) 0,24 **95.** (a) μ^k mg/(sen $\theta - \mu^k$ cos θ); (b) $\theta^0 = \tan^{-1} \mu^s$ **97.** 0,18 **99.** (a) 56 N; (b) 59 N; (c) 1,1 × 10³ N **101.** 0,76 **103.** (a) no ponto mais baixo; (b) 9,5 m/s **105.** 0,56

T 1. (a) diminui; (b) permanece a mesma; (c) negativo, nulo **2.** (a) positivo; (b) negativo; (c) nulo **3.** nula

P 1. são todas iguais **3.** (a) positivo; (b) negativo; (c) negativo **5.** *b* (trabalho positivo), *a* (trabalho nulo), *c* (trabalho negativo), *d* (trabalho mais negativo) **7.** são todos iguais **9.** (a) *A*; (b) *B* **11.** 2, 3, 1 **PR 1.** (a) 2,9 × 10⁷ m/s; (b) 2,1 × 10⁻¹³ J **3.** (a) 5 × 10¹⁴ J; (b) 0,1 megaton de TNT; (c) 8 bombas **5.** (a) 2,4 m/s; (b) 4,8 m/s **7.** 0,96 J **9.** 20 J **11.** (a) 62,3°; (b) 118° **13.** (a) 1,7 × 10² N; (b) 3,4 × 10² m; (c) -5,8 × 10⁴ J; (d) 3,4 × 10² N; (e) 1,7 × 10² m; (f) -5,8 × 10⁴ J **15.** (a) 1,50 J; (b) aumenta **17.** (a) 12 kJ; (b) -11 kJ; (c) 1,1 kJ; (d) 5,4 m/s **19.** 25 J **21.** (a) -3*Mgd*/4; (b) *Mgd*; (c) *Mgd*/4; (d) (*gd*/2)^{0,5} **23.** 4,41 J **25.** (a) 25,9 kJ; (b) 2,45 N **27.** (a) 7,2 J; (b) 7,2 J; (c) 0; (d) -25 J **29.** (a) 0,90 J; (b) 2,1 J; (c) 0 **31.** (a) 6,6 m/s; (b) 4,7 m **33.** (a) 0,12 m; (b) 0,36 J; (c) -0,36 J; (d) 0,060 m; (e) 0,090 J **35.** (a) 0; (b) 0 **37.** (a) 42 J; (b) 30 J; (c) 12 J; (d) 6,5 m/s, eixo +*x*; (e) 5,5 m/s, eixo +*x*; (f) 3,5 m/s, eixo +*x* **39.** 4,00 N/m **41.** 5,3 × 10² J **43.** (a) 0,83 J; (b) 2,5 J; (c) 4,2 J; (d) 5,0 W **45.** 4,9 × 10² W **47.** (a) 1,0 × 10² J; (b) 8,4 W **49.** 7,4 × 10² W **51.** (a) 32,0 J; (b) 8,00 W; (c) 78,2° **53.** (a) 1,20 J; (b) 1,10 m/s **55.** (a) 1,8 × 10⁵ ft·lb; (b) 0,55 hp **57.** (a) 797 N; (b) 0; (c) -1,55 kJ; (d) 0; (e) 1,55 kJ; (f) *F* varia durante o deslocamento **59.** (a) 11 J; (b) -21 J **61.** -6 J **63.** (a) 314 J; (b) -155 J; (c) 0; (d) 158 J **65.** (a) 98 N; (b) 4,0 cm; (c) 3,9 J; (d) -3,9 J **67.** (a) 23 mm; (b) 45 N **69.** 165 kW **71.** -37 J **73.** (a) 13 J; (b) 13 J **75.** 235 kW **77.** (a) 6 J; (b) 6,0 J **79.** (a) 0,6

Capítulo 8 T 1. não (em duas trajetórias de a a b, o trabalho é -60 J; na terceira, é 60 J) **2.** 3, 1, 2 (veja a Eq. 8-6) **3.**

J **85.** 6,63 m/s

x **5.** são todas iguais **P 1.** (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3 **3.** (a) 12 J; (b) −2 J **5.** (a) aumenta; (b) diminui; (c) diminui; (d) permanece

(a) todas iguais; (b) todas iguais **4.** (a) *CD*, *AB*, *BC* (com base nas inclinações); (b) o sentido positivo de

J; (b) 0; (c) -0.6 J **81.** (a) 3.35 m/s; (b) 22.5 J; (c) 0; (d) 0; (e) 0.212 m **83.** (a) -5.20×10^{-2} J; (b) -0.160

constante em *AB* e *BC* e diminui em *CD* **7.** +30 J **9.** 2, 1, 3 **11.** –40 J **PR 1** 89 N/cm **3** (a) 167 J: (b) –167 J: (c) 196 J: (d) 29 J: (e) 167 J: (f) –167 J: (g) 296 J: (h) 129 J **5**

PR 1. 89 N/cm **3.** (a) 167 J; (b) -167 J; (c) 196 J; (d) 29 J; (e) 167 J; (f) -167 J; (g) 296 J; (h) 129 J **5.** (a) 4,31 mJ; (b) -4,31 mJ; (c) 4,31 mJ; (d) -4,31 mJ; (e) todos aumentariam **7.** (a) 13,1 J; (b) -13,1 J; (c) 13,1 J; (d) todos aumentam **9.** (a) 17,0 m/s; (b) 26,5 m/s; (c) 33,4 m/s; (d) 56,7 m; (e) continuariam as mesmas **11.** (a) 2,08 m/s; (b) 2,08 m/s; (c) aumentaria **13.** (a) 0,98 J; (b) -0,98 J; (c) 3,1 N/cm **15.** (a) 2,6 × 10² m; (b) permanece o mesmo; (c) diminui **17.** (a) 2,5 N; (b) 0,31 N; (c) 30 cm **19.** (a) 784 N/m; (b) 62,7 J; (c) 62,7 J; (d) 80,0 cm **21.** (a) 8,35 m/s; (b) 4,33 m/s; (c) 7,45 m/s; (d) diminuem **23.** (a) 4,85 m/s;

39,2 J; (c) 4,00 m **33.** (a) 2,40 m/s; (b) 4,19 m/s **35.** (a) 39,6 cm; (b) 3,64 cm **37.** -18 mJ **39.** (a) 2,1 m/s; (b) 10 N; (c) +x; (d) 5,7 m; (e) 30 N; (f) -x **41.** (a) -3,7 J; (c) 1,3 m; (d) 9,1 m; (e) 2,2 J; (f) 4,0 m; (g) (4)

(b) 2,42 m/s **25.** -3.2×10^2 J **27.** (a) não; (b) 9.3×10^2 N **29.** (a) 35 cm; (b) 1,7 m/s **31.** (a) 39,2 J; (b)

```
-x)e^{-x/4}; (h) 4,0 m 43. (a) 5,6 J; (b) 3,5 J 45. (a) 30,1 J; (b) 30,1 J; (c) 0,225 47. 0,53 J 49. (a) -2,9 kJ; (b) 3,9 × 10<sup>2</sup> J; (c) 2,1 × 10<sup>2</sup> N 51. (a) 1,5 MJ; (b) 0,51 MJ; (c) 1,0 MJ; (d) 63 m/s 53. (a) 67 J; (b) 67 J; (c) 46 cm 55. (a) -0,90 J; (b) 0,46 J; (c) 1,0 m/s 57. 1,2 m 59. (a) 19,4 m; (b) 19,0 m/s 61. (a) 1,5 × 10<sup>-2</sup> N; (b) (3,8 × 10<sup>2</sup>)g 63. (a) 7,4 m/s; (b) 90 cm; (c) 2,8 m; (d) 15 m 65. 20 67. (a) 7,0 J; (b) 22 J 69. 3,7 J 71. 4,33 m/s 73. 25 J 75. (a) 4,9 m/s; (b) 4,5 N; (c) 71°; (d) permanece a mesma 77. (a) 4,8 N; (b) +x; (c) 1,5 m; (d) 13,5 m; (e) 3,5 m/s 79. (a) 24 kJ; (b) 4,7 × 10<sup>2</sup> N 81. (a) 5,00 J; (b) 9,00 J; (c) 11,0 J; (d) 3,00 J; (e) 12,0 J; (f) 2,00 J; (g) 13,0 J; (h) 1,00 J; (i) 13,0 J; (j) 1,00 J; (1) 11,0 J; (m) 10,8 m; (n) volta para x = 0 e para. 83. (a) 6,0 kJ; (b) 6,0 × 10<sup>2</sup> W; (c) 3,0 × 10<sup>2</sup> W; (d) 9,0 × 10<sup>2</sup> W 85. 880 MW 87. (a) v^0 = (2gL)^{0.5}; (b) 5mg; (c) -mgL; (d) -2mgL 89. (a) 109 J; (b) 60,3 J; (c) 68,2 J; (d) 41,0 J 91. (a) 2,7 J; (b) 1,8 J; (c) 0,39 m 93. (a) 10 m; (b) 49 N; (c) 4,1 m; (d) 1,2 × 10<sup>2</sup> N 95. (a) 5,5 m/s; (b) 5,4 m; (c) permanecem as mesmas 97. 80 mJ 99. 24 W 101. -12 J 103. (a) 8,8 m/s; (b) 2,6 kJ; (c) 1,6 kW 105. (a) 7,4 × 10<sup>2</sup> J; (b) 2,4 × 10<sup>2</sup> J 107. 15 J 109. (a) 2,35 × 10<sup>3</sup> J; (b) 352 J 111. 738 m 113. (a) -3,8 kJ; (b) 31 kN 115. (a) 300 J; (b) 93,8 J; (c) 6,38 m 117. (a) 5,6 J; (b) 12 J; (c) 13 J 119. (a) 1,2 J; (b) 11 m/s; (c) não; (d) não 121. (a) 2,1 × 10<sup>6</sup> kg; (b) (100 + 1,5t)<sup>0.5</sup> m/s; (c) (1,5 × 10<sup>6</sup>)/(100 + 1,5t)<sup>0.5</sup> N; (d) 6,7 km 123. 54% 125. (a) 2,7 × 10<sup>9</sup> J; (b) 2,7 × 10<sup>9</sup> W; (c) 2,4 × 10<sup>8</sup> dólares 127. 5,4 kJ 129. 3,1 × 10<sup>11</sup> W 131.
```

Capítulo 9

 10^2 W; (c) 4.3×10^2 W; (d) 1.3 kW

T 1. (a) na origem; (b) no quarto quadrante; (c) no eixo y, abaixo da origem; (d) na origem; (e) no terceiro quadrante; (f) na origem **2.** (a)-(c) no centro de massa, que continua na origem (as forças são internas ao sistema e não podem deslocar o centro de massa) **3.** (Considere as inclinações e a Eq. 9-23.) (a) 1,3 e depois 2 e 4 empatadas (força nula); (b) 3 **4.** (a) mantém inalterado; (b) mantém inalterado (veja a Eq. 9-32); (c) diminui (Eq. 9-35) **5.** (a) nula; (b) positiva (inicial para baixo, final para cima); (c) +y **6.** (Não há força externa; $\dot{}$ é conservado.) (a) 0; (b) não; (c) -x **7.** (a) 10 kg · m/s; (b) 14 kg · m/s; (c) 6 kg · m/s **8.** (a) 4 kg · m/s; (b) 8 kg · m/s; (c) 3 J **9.** (a) 2 kg · m/s (conservação da componente x do momento); (b) 3 kg · m/s (conservação da componente y do momento)

porque a força que você exerce sobre o repolho (ao baixá-lo) realiza trabalho. **135.** (a) 8,6 kJ; (b) 8,6 ×

P 1. (a) 2 N, para a direita; (b) 2 N, para a direita; (c) maior que 2 N, para a direita **3.** b, c, a **5.** (a) $x \sin y$ não; (b) $x \sin y$ não; (c) x não, $y \sin 7$. (a) c, a energia cinética não pode ser negativa; d, a energia cinética total não pode aumentar; (b) a; (c) b **9.** (a) um dos corpos estava em repouso; (b) 2; (c) 5; (d) igual (como o choque de duas bolas de sinuca) **11.** (a) C; (b) B; (c) 3

PR 1. (a) -1,50 m; (b) -1,43 m **3.** (a) -6,5 cm; (b) 8,3 cm; (c) 1,4 cm **5.** (a) -0,45 cm; (b) -2,0 cm **7.** (a) 0; (b) $3,13 \times 10^{-11}$ m **9.** (a) 28 cm; (b) 2,3 m/s **11.** (-4,0 m) $_{\hat{1}}^{\hat{1}} + (4,0$ m) $_{\hat{1}}^{\hat{2}}$ **13.** 53 m **15.** (a) $(2,35_{\hat{1}}^{\hat{1}} - 1,57)_{\hat{1}}^{\hat{2}}$ m/s²; (b) $(2,35_{\hat{1}}^{\hat{1}} - 1,57)_{\hat{1}}^{\hat{2}}$ t m/s, com t em segundos; (d) retilínea, fazendo um ângulo de 34° para baixo **17.** 4,2 m **19.** (a) $7,5 \times 10^4$ J; (b) $3,8 \times 10^4$ kg·m/s; (c) 39° ao sul do leste **21.** (a) 5,0 kg·m/s; (b) 10 kg·m/s **23.** $1,0 \times 10^3$ a $1,2 \times 10^3$ kg·m/s **25.** (a) 42 N·s; (b) 2,1 kN **27.** (a) 67 m/s; (b) -x; (c) 1,2 kN; (d) -x **29.** 5 N **31.** (a) $2,39 \times 10^3$ N·s; (b) $4,78 \times 10^5$ N; (c) $1,76 \times 10^3$ N·s; (d) $3,52 \times 10^5$ N **33.** (a) 5,86 kg·m/s; (b) $59,8^{\circ}$; (c) 2,93 kN; (d) $59,8^{\circ}$ **35.** $9,9 \times 10^2$ N **37.** (a) 9,0 kg·m/s; (b) 3,0 kN; (c) 4,5 kN; (d) 20 m/s **39.** 3,0 mm/s **41.** (a) -(0,15 m/s) $_{\hat{1}}^{\hat{1}}$; (b) 0,18 m **43.** 55 cm **45.** (a) $(1,00_{\hat{1}}^{\hat{1}} - 0,167_{\hat{1}}^{\hat{1}})$ km/s; (b) 3,23 MJ

47. (a) 14 m/s; (b) -45° **49.** 3,1 × 10² m/s **51.** (a) 721 m/s; (b) 937 m/s **53.** (a) 33%; (b) 23%; (c) diminui 55. (a) +2.0 m/s; (b) -1.3 J; (c) +40 J; (d) o sistema recebeu energia de alguma fonte, como, uma pequena explosão **57.** (a) 4,4 m/s; (b) 0,80 **59.** 25 cm **61.** (a) 99 g; (b) 1,9 m/s; (c) 0,93 m/s **63.** (a) 3,00 m/s; (b) 6,00 m/s **65.** (a) 1,2 kg; (b) 2,5 m/s **67.** -28 cm **69.** (a) 0,21 kg; (b) 7,2 m **71.** (a) 4,15 × 10⁵ m/s; (b) 4,84 × 10⁵ m/s **73.** 120° **75.** (a) 433 m/s; (b) 250 m/s **77.** (a) 46 N; (b) nenhuma **79.** (a) 1,57 × 10⁶ N; (b) 1,35 × 10⁵ kg; (c) 2,08 km/s **81.** (a) 7290 m/s; (b) 8200 m/s; (c) 1,271 × 10¹⁰ J; (d) 1,275 × 10¹⁰ J **83.** (a) 1,92 m; (b) 0,640 m **85.** (a) 1,78 m/s; (b) menor; (c) menor; (d) maior **87.** (a) 3,7 m/s; (b) 1,3 N · s; (c) 1,8 × 10² N **89.** (a) $(7.4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})_1^{\circ} - (7.4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})_1^{\circ}$; (b) $(-7.4 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{s})_1^{\circ}$; (c) 2,3 × 10³ N; (d) 2,1 × 10⁴ N; (e) -45° **91.** +4,4 m/s **93.** 1,18 × 10⁴ kg **95.** (a) 1,9 m/s; (b) -30° ; (c) elástica **97.** (a) 6,9 m/s; (b) 30°; (c) 6,9 m/s; (d) -30° ; (e) 2,0 m/s; (f) -180° **99.** (a) 25 mm; (b) 26 mm; (c) para baixo; (d) 1,6 × 10⁻² m/s² **101.** 29 J **103.** 2,2 kg **105.** 5,0 kg **107.** (a) 50 kg/s; (b) 1,6 × 10² kg/s **109.** (a) 4,6 × 10³ km; (b) 73% **111.** 190 m/s **113.** 28,8 N **115.** (a) 0,745 mm; (b) 153°; (c) 1,67 mJ **117.** (a) $(2,67 \text{ m/s})_1^{\circ} + (-3,00 \text{ m/s})_1^{\circ}$; (b) 4,01 m/s; (c) 48,4° **119.** (a) -0.50 m; (b) -1.8 cm; (c) 0,50 m **121.** 0,22% **123.** 36,5 km/s **125.** (a) (-1.00)

Capítulo 10

T 1. $b \in c$ **2.** (a) e (d) ($\alpha = d^2 \theta/dt^2$ deve ser constante) **3.** (a) sim; (b) não; (c) sim; (d) sim **4.** são todos iguais **5.** 1, 2, 4, 3 (veja a Eq. 10-36) **6.** (veja a Eq. 10-40) 1 e 3, 4, 2 e 5 (zero) **7.** (a) para baixo na figura ($\tau_{res} = 0$); (b) menor (considere os braços de alavanca) **P 1.** (a) c, a e depois b e d empatados; (b) b, depois a e c empatados, depois d **3.** todas iguais **5.** (a)

 $\times 10^{-19} \, \hat{\mathbf{j}} + 0.67 \times 10^{-19} \, \hat{\mathbf{j}}$ kg · m/s; (b) $1.19 \times 10^{-12} \, \text{J}$ **127.** 2.2×10^{-3}

diminuir; (b) horário; (c) anti-horário 7. aumentar 9. c, a, b 11. menor

PR 1. 14 rev **3.** (a) 4,0 rad/s; (b) 11,9 rad/s **5.** 11 rad/s **7.** (a) 4,0 m/s; (b) não **9.** (a) 3,00 s; (b) 18,9 rad **11.** (a) 30 s; (b) 1,8 × 10³ rad **13.** (a) 3,4 × 10² s; (b) -4,5 × 10⁻³ rad/s²; (c) 98 s **15.** 8,0 s **17.** (a) 44 rad; (b) 5,5 s; (c) 32 s; (d) -2,1s; (e) 40 s **19.** (a) 2,50 × 10⁻³ rad/s; (b) 20,2 m/s²; (c) 0 **21.** 6,9 × 10⁻¹³ rad/s **23.** (a) 20.9 rad/s; (b) 12.5 m/s; (c) 800 rev/min²; (d) 600 rev **25.** (a) 7.3×10^{-5} rad/s; (b) 3.5×10^{2} m/s:

23. (a) 20,9 rad/s; (b) 12,5 m/s; (c) 800 rev/min²; (d) 600 rev **25.** (a) 7.3×10^{-5} rad/s; (b) 3.5×10^{2} m/s; (c) 7.3×10^{-5} rad/s; (d) 4.6×10^{2} m/s **27.** (a) 73 cm/s²; (b) 0.075; (c) 0.11 **29.** (a) 3.8×10^{3} rad/s; (b) 1.9×10^{2} m/s **31.** (a) 40 s; (b) 2.0 rad/s² **33.** 12.3 kg·m² **35.** (a) 1.1 kJ; (b) 9.7 kJ **37.** 0.097 kg·m² **39.** (a) 49

MJ; (b) $1.0 \times 10^2 \text{ min } 41.$ (a) $0.023 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) $1.1 \text{ mJ } 43. 4.7 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 45. -3.85 \text{ N} \cdot \text{m } 47. 4.6 \text{ N} \cdot \text{m } 49.$ (a) 28.2 rad/s^2 ; (b) $338 \text{ N} \cdot \text{m } 51.$ (a) 6.00 cm/s^2 ; (b) 4.87 N; (c) 4.54 N; (d) 1.20 rad/s^2 ; (e) $0.0138 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 53. 0.140 \text{ N} 55. 2.51 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 57.$ (a) $4.2 \times 10^2 \text{ rad/s}^2$; (b) $5.0 \times 10^2 \text{ rad/s} 59. 396 \text{ N} \cdot \text{m } 61.$

(a) -19.8 kJ; (b) 1.32 kW **63.** 5.42 m/s **65.** (a) 5.32 m/s²; (b) 8.43 m/s²; (c) 41.8° **67.** 9.82 rad/s **69.** 6.16×10^{-5} kg·m² **71.** (a) 31.4 rad/s²; (b) 0.754 m/s²; (c) 56.1 N; (d) 55.1 N **73.** (a) 4.81×10^{5} N; (b) 1.12×10^{4} N·m; (c) 1.25×10^{6} J **75.** (a) 2.3 rad/s²; (b) 1.4rad/s² **77.** (a) -67 rev/min²; (b) 8.3 rev **81.** 3.1 rad/s **83.**

(a) 1,57 m/s²; (b) 4,55 N; (c) 4,94 N **85.** 30 rev **87.** 0,054 kg · m² **89.** 1,4 × 10² N · m **91.** (a) 10 J; (b) 0,27 m **93.** 4,6 rad/s² **95.** 2,6 J **97.** (a) 5,92 × 10⁴ m/s²; (b) 4,39 × 10⁴ s⁻² **99.** (a) 0,791 kg · m²; (b) 1,79 × 10.2 2 m s = 1.0 2 m

 $10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$ **101.** (a) $1.5 \times 10^2 \text{ cm/s}$; (b) 15 rad/s; (c) 15 rad/s; (d) 75 cm/s; (e) 3.0 rad/s **103.** (a) $7.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; (b) 7.2 m/s; (c) 71° **105.** (a) 0.32 rad/s; (b) $1.0 \times 10^2 \text{ km/h}$ **107.** (a) $1.4 \times 10^2 \text{ rad}$; (b) 14 s.

Capítulo 11

T 1. (a) igual; (b) menor 2. menor (considere a transferência de energia de energia cinética de rotação

para energia potencial gravitacional) **3.** (desenhe os vetores e use a regra da mão direita) (a) $\pm z$; (b) $\pm y$; (c) -x **4.** (veja a Eq. 11-21) (a) 1 e 3; 2 e 4,5 (zero); (b) 2 e 3 **5.** (veja as Eqs. 11-23 e 11-16) (a) 3,1; 2 e 4 (zero); (b) 3 **6.** (a) todos iguais (mesmo τ , mesmo t e, portanto, mesmo ΔL); (b) esfera, disco, anel (ordem inversa de I) **7.** (a) diminui; (b) permanece o mesmo ($\tau^{res} = 0$ e, portanto, L é conservado); (c) aumenta **P 1.** a, depois b e c empatados, depois e, depois d (zero) **3.** (a) fica girando no mesmo lugar; (b) rola na sua direção; (c) rola para longe de você **5.** (a) 1, 2, 3 (zero); (b) 1 e 2 empatados, depois 3; (c) 1 e 3 empatados, depois 2 **7.** (a) permanece o mesmo; (b) aumenta; (c) diminui; (d) permanece o mesmo, diminui, aumenta **9.** D, B e depois A e C empatados **11.** (a) ao mesmo tempo; (b) igual

PR 1. (a) 0; (b) $(22 \text{ m/s})^{\land}_{1}$ (c) $(-22 \text{ m/s})^{\land}_{1}$ (d) 0; (e) $1.5 \times 10^{3} \text{ m/s}^{2}$; (f) $1.5 \times 10^{3} \text{ m/s}^{2}$; (g) $(22 \text{ m/s})^{\land}_{1}$; (h) $(44 \text{ m/s})^{\land}_{1}$ m/s)₁; (i) 0; (j) 0; (k) 1,5 × 10³ m/s^2 ; (1) 1,5 × 10³ m/s^2 3. -3,15 J 5. 0,020 7. (a) 63 rad/s; (b) 4,0 m 9. 4,8 m 11. (a) $(-4.0 \text{ N})^{\circ}$; (b) 0.60 kg · m² 13. 0.50 15. (a) -(0.11 m) ω ; (b) -2.1 m/s²; (c) -47 rad/s²; (d) 1.2 s; (e) 8,6 m; (f) 6,1 m/s **17.** (a) 13 cm/s²; (b) 4,4 s; (c) 55 cm/s; (d) 18 mJ; (e) 1,4 J; (f) 27 rev/s **19.** (-2,0 N $\mathbf{m}_{\hat{\mathbf{i}}}$ 21. (a) $(6.0 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{\mathbf{i}}}$ + $(8.0 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{\mathbf{k}}}$; (b) $(-22 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{\mathbf{i}}}$ 23. (a) $(-1.5 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{\mathbf{i}}}$ - $(4.0 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{\mathbf{i}}}$ - $(1.0 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{\mathbf{i}}}$ m) \hat{k} ; (b) $(-1.5 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i}$ $-(4.0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i}$ $-(1.0 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ **25.** (a) $(50 \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$; (b) 90° **27.** (a) 0; (b) $(8.0 \text{ N} \cdot \text{m})$ $(a) + (8,0 \text{ N} \cdot m)(29. (a) 9,8 \text{ kg} \cdot m^2/\text{s}; (b) +z 31. (a) 0; (b) -22,6 \text{ kg} \cdot m^2/\text{s}; (c) -7,84 \text{ N} \cdot m; (d) -7,84 \text{ N}$ · m 33. (a) $(-1.7 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s})_{\hat{k}}$; (b) $(+56 \text{ N} \cdot \text{m})_{\hat{k}}$; (c) $(+56 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2)_{\hat{k}}$ 35. (a) 48 $t_{\hat{k}}$ N · m; (b) aumentando 37. (a) 4.6×10^{-3} kg · m²; (b) 1.1×10^{-3} kg · m²/s; (c) 3.9×10^{-3} kg · m²/s 39. (a) 1.47 N · m; (b) 20,4 rad; (c) -29.9 J; (d) 19,9 W **41.** (a) 1,6 kg · m²; (b) 4,0 kg · m² /s **43.** (a) 1,5 m; (b) 0,93 rad/s; (c) 98 J; (d) 8,4 rad/s; (e) $8,8 \times 10^2$ J; (f) da energia interna das patinadoras **45.** (a) 3,6 rev/s; (b) 3,0; (c) a força que o homem exerce sobre os tijolos converte energia interna do homem em energia cinética 47. 0,17 rad/s **49.** (a) 750 rev/min; (b) 450 rev/min; (c) horário **51.** (a) 267 rev/min; (b) 0,667 **53.** $1,3 \times 10^3$ m/s **55.** 3,4 rad/s **57.** (a) 18 rad/s; (b) 0,92 **59.** 11,0 m/s **61.** 1,5 rad/s **63.** 0,070 rad/s **65.** (a) 0,148 rad/s; (b) 0,0123; (c) 181° **67.** (a) 0,180 m; (b) horário **69.** 0,041 rad/s **71.** (a) 1,6 m/s²; (b) 16 rad/s²; (c) (4,0 N)i 73. (a) 0; (b) 0; (c) $-30t^3$ kg · m²/s; (d) $-90t^2$ kN · m; (e) $30t^3$ kg · m²/s; (f) $90t^2$ kN · m 75. (a) 149 kg · m^2 ; (b) 158 kg · m^2 /s; (c) 0,744 rad/s 77. (a) 6,65 × 10⁻⁵ kg · m^2 /s; (b) $n\tilde{a}o$; (c) 0; (d) sim 79. (a) 0,333; (b) 0,111 **81.** (a) 58,8 J; (b) 39,2 J **83.** (a) 61,7 J; (b) 3,43 m; (c) \tilde{n} (a) $mvR/(I + MR^2)$; (b) $mvR^2/(I + MR^2)$

FÓRMULAS MATEMÁTICAS*

Equação do Segundo Grau

Se
$$ax^2 + bx + c = 0$$
, $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

Teorema Binomial

$$(1+x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots$$
 (x² < 1)