

Dicas para resolver a lista: Use sempre o número apropriado de algarismos significativos para as respostas, uniformize as unidades de acordo com o S.I. (m , kg , s , K ,...), use $g = 9,80m/s^2$ e bons estudos!

Parte 1 - Cinemática

1. *H10.2* Qual é a velocidade angular de cada um dos três ponteiros do relógio, em rad/s ?
2. *H10.3* Um mergulhador realiza 2,5 giros ao saltar de uma plataforma de 10m. Supondo que a velocidade vertical inicial seja nula, determine a velocidade angular média do mergulhador.
3. Quando se deixa cair uma fatia de pão com manteiga de uma mesa, a fatia adquire um movimento de rotação. Se a distância da mesa ao chão é de 76cm e para rotações menores que 1,0 revolução, determine o intervalo entre a maior e a menor velocidade angular para a qual a fatia cai com a manteiga para baixo. (Supondo que o pão esteja na posição horizontal com o face besuntada virada para cima.) *Dica quente: se na face sem manteiga do pão você amarrar um gato de costas para o pão, o sistema gato-pão-manteiga ficará flutuando infinitamente, sem encostar no chão.*
4. *H10.7* A roda da *Figura 1* tem oito raios de 30cm igualmente espaçados, está montada em um eixo fixo e gira a 2,5rev/s. Você deseja atirar uma flecha de 20cm de comprimento paralelamente ao eixo da roda sem atingir um dos raios. Suponha que a flecha e os raios sejam muito finos.
 - (a) O ponto entre o eixo e a borda da roda por onde a flecha passa faz alguma diferença?
 - (b) Qual é a menor velocidade que a flecha deve ter?
5. *H10.10* A velocidade angular do motor de um automóvel é aumentada a uma taxa constante de 1200rev/min para 3000rev/min em 12s.
 - (a) Qual é a aceleração angular em revoluções por minuto ao quadrado?
 - (b) Quantas revoluções o motor executa nesse intervalo de 12s?
6. *H10.13* Uma roda tem uma aceleração angular constante de $3,0rad/s^2$. Durante um certo intervalo de 4,0s, descreve um ângulo de 120rad. Supondo que a roda partiu do repouso, por quanto tempo ela já estava em movimento no início desse intervalo de 4,0s?
7. *H10.16* Um disco gira em torno de seu eixo central partindo do repouso com aceleração angular constante. Em um certo instante ele está girando a 10rev/s; após 60 revoluções, sua velocidade angular é de 15rev/s. Calcule:
 - (a) A aceleração angular.
 - (b) O tempo necessário para completar as 60 revoluções.
 - (c) O tempo necessário para atingir a velocidade angular de 10rev/s.
 - (d) O número de revoluções desde o repouso até o instante em que o disco atinge a velocidade angular de 10rev/s.
8. *H10.8* A aceleração angular de uma roda é $\alpha = 6,0t^4 - 2,0t^2$, com α em radianos e t em segundos. No instante $t = 0,0$ a roda tem uma velocidade angular de 2,0rad/s e possui uma posição angular de 1,0rad. Escreva a expressão para a posição angular como função do tempo.
9. *H11.2* Um automóvel que se move a 80km/h possui pneus com 75,0cm de diâmetro.
 - (a) Qual é a velocidade angular dos pneus em relação aos respectivos eixos?
 - (b) Que distância o carro percorre durante a frenagem?
 - (c) Se o carro é freado com aceleração constante e as rodas descrevem 30 voltas completas (sem deslizar), qual é o módulo da aceleração angular das rodas?
10. *H10.20* Um astronauta está sendo testado em uma centrífuga. A centrífuga tem um raio de 10m e, ao partir, gira de acordo com a equação $\theta(t) = 0,30t^2$, onde t está em segundos e θ em radianos. Quando $t = 5,0s$, quais são os módulos

- (a) da velocidade angular?
 - (b) da velocidade linear?
 - (c) da aceleração tangencial?
 - (d) da aceleração radial do astronauta?
11. *H10.26* Uma roda de giroscópio com $2,83\text{cm}$ de raio é acelerada a partir do repouso a $14,2\text{rad/s}^2$ até que a sua velocidade angular atinja 2760rev/min .
- (a) Qual é a aceleração tangencial de um ponto na borda da roda durante este processo de aceleração angular?
 - (b) Qual é a aceleração radial deste ponto quando a roda está girando na velocidade máxima?
 - (c) Qual é a distância percorrida por um ponto da borda da roda durante este processo?
12. *H10.30* Na *Figura 2* uma roda A de raio $r_A = 10\text{cm}$ está acoplada por uma correia B a uma roda C de raio $r_C = 25\text{cm}$. A velocidade angular de A é aumentada partindo do repouso a uma taxa constante de $1,6\text{rad/s}^2$. Determine o tempo necessário para que a roda C atinja uma velocidade angular de 100rev/min , supondo que a correia não deslize. (*Dica quente: Se a correia não desliza, as velocidades lineares das bordas dos discos são iguais.*)
13. *H10.22* Se a hélice de um avião gira a 2000rev/min quando o avião voa com uma velocidade de 480km/h em relação ao solo, qual é a velocidade escalar linear de um ponto na ponta da hélice, a $1,5\text{m}$ de distância do eixo, em relação
- (a) ao piloto?
 - (b) a um observador no solo?
- (*Dica quente: use o formalismo vetorial para um esquema das velocidades, sabendo que o eixo de rotação da hélice é paralelo à velocidade do avião.*)

Parte 2 - Dinâmica

14. Sabendo que $\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$ e $\vec{F} = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$:
- (a) Determine o torque $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$.
 - (b) Obtenha as componentes de $\vec{\tau}$, considerando agora que \vec{r} e \vec{F} estão contidos no plano xOy .
15. Na *Figura 7* são mostradas as linhas de ação e os braços de alavancas dos torques de duas forças em relação à origem O . Suponha que essas duas forças estejam atuando sobre um corpo rígido articulado por um pino em O . Todos os vetores mostrados estão no plano da figura. Determine o módulo e o sentido do torque resultante que atua no corpo (como função das posições, forças e ângulos relativos).
16. *H10.35* Calcule o momento de inércia de uma régua de um $1,00\text{m}$ com uma massa de $0,56\text{kg}$, em relação a um eixo perpendicular à régua na marca de 20cm . (Trate a régua como uma barra fina.)
17. Mostre que o momento de inércia de uma placa retangular de massa M , de lados a e b , em relação a um eixo perpendicular a ela e que passe pelo seu centro, é $\frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$.
18. *H10.33* Calcule o momento de inércia de uma roda que tem uma energia cinética de $24,4\text{kJ}$ quando gira a 602rev/min .
19. Suponha que a Terra seja uma esfera de densidade uniforme, com raio igual a $6,4 \times 10^3\text{km}$ e massa igual a $6,0 \times 10^{24}\text{kg}$. Calcule a energia cinética da rotação da Terra.
- Figura 9
20. Uma barra uniforme de aço com $1,50\text{m}$ de comprimento e $7,00\text{kg}$ de massa tem fixada em cada extremidade uma pequena esfera de $1,10\text{kg}$ de massa. A barra gira em um plano horizontal, em torno de um eixo vertical que passa por seu ponto médio. Em um dado instante, observa-se que ela está realizando 40voltas/s . Em virtude do atrito com o eixo, ela chega ao repouso 35s mais tarde. Supondo constante o torque do atrito no eixo, calcule:
- (a) A aceleração angular.
 - (b) O torque retardador devido ao atrito no eixo.
 - (c) O trabalho total realizado pelo atrito no eixo.

- (d) O número de rotações efetuadas durante os 35s.
21. Uma roldana possui raio $r = 15\text{cm}$ e momento de inércia em relação ao eixo central $I = 1,0 \times 10^5 \text{g} \cdot \text{cm}^2$. Sobre a borda da roldana aplica-se uma força tangencial que varia com o tempo de acordo com a relação $F = 2t + t^2$, onde F e t estão expressos em *Newtons* e *segundos*, respectivamente. Sabendo que a roldana está inicialmente em repouso, determine:
- O módulo do torque para $t = 5,0\text{s}$.
 - A aceleração angular para $t = 5,0\text{s}$.
 - A expressão para a velocidade angular em função do tempo.
 - A velocidade angular para $t = 5,0\text{s}$.
 - O valor da energia cinética para $t = 5,0\text{s}$.
22. Um corpo, de raio R e massa m , está rolando horizontalmente, sem deslizar, com velocidade v . Encontrando uma rampa, ele continua a rolar e sobe até uma altura h . Se $h = 3v^2/4g$,
- Qual é a inércia rotacional do corpo?
 - Baseado nessa expressão, qual deve ser a forma dele?
23. *H11.6* Uma esfera oca, com $0,15\text{m}$ de raio e $I = 0,040\text{kg} \cdot \text{m}^2$ em relação ao centro de massa, rola sem deslizar subindo uma superfície com uma inclinação de 30° em relação à horizontal. Em uma certa posição a energia cinética total da esfera é 20J .
- Quanto desta energia cinética se deve à rotação?
 - Qual é a velocidade do centro de massa da esfera na posição?
 - Após a esfera ter se deslocado $1,0\text{m}$ ao longo da superfície inclinada a partir da posição inicial qual será a sua energia cinética?
 - E a velocidade do centro de massa?
24. Uma partícula P com massa igual a $3,0\text{kg}$ tem posição \vec{r} conforme a *Figura 9*. Todos os 3 vetores $(\vec{F}, \vec{r}, \vec{v})$ estão contidos no plano da página. Com $r = 3,0\text{m}$, $v = 4,0\text{m/s}$, $F = 2,0\text{N}$, $\theta_1 = 100^\circ$ e $\theta_2 = 130^\circ$, calcule:
- O momento angular da partícula. Módulo e sentido.
 - O torque atuando sobre a partícula. Módulo e sentido.
25. Duas partículas, cada uma de massa m e velocidade v , deslocam-se em sentidos opostos ao longo de linhas paralelas separadas de uma distância d . Mostre que o vetor momento angular do sistema é o mesmo qualquer que seja o ponto considerado como origem. Determine o módulo do vetor momento angular.
26. Três partículas, cada qual de massa m , estão ligadas uma a outra e a um eixo de rotação por três fios leves cada um com um comprimento d como mostra a *Figura 3*. O sistema gira em torno do eixo de rotação com velocidade angular ω de tal modo que as partículas permanecem em linha reta. Calcule:
- O momento de inércia do sistema em relação a O .
 - O momento angular da partícula do meio.
 - O momento angular total das três partículas.
- Expresse as respostas em termos de m , d e ω .
27. *H10.39* Na *Figura 6*, duas partículas, ambas de massa $m = 0,85\text{kg}$, estão ligadas uma à outra e a um eixo de rotação em O por duas barras finas, ambas de comprimento $d = 5,6\text{cm}$ e massa $M = 1,2\text{kg}$. O conjunto gira em torno do eixo de rotação com velocidade angular $\omega = 0,30\text{rad/s}$. Em relação a O , quais são:
- O momento de inércia do conjunto?
 - A energia cinética do conjunto?
 - O momento angular do conjunto?
28. O momento angular de uma partícula é dado em função do tempo pelo vetor:

$$\vec{L} = bt\hat{i} + ct^3\hat{j}$$

onde o módulo \vec{L} é dado em $kg.m^2/s$, $b = 2kg.m^2/s^2$, $c = 1kg.m^2/s^4$ e o tempo é dado em segundos.

- (a) Obtenha a expressão do torque que atua sobre a partícula.
 - (b) Calcule o módulo do torque para $t = 1s$.
29. *H11.56* Uma barata de massa m está na borda de um disco uniforme de massa $4,00m$ que pode girar livremente em torno do centro como um carrossel. Inicialmente, a barata e o disco giram juntos com uma velocidade angular de $0,260rad/s$. A barata caminha até metade da distância ao centro do disco.
- (a) Qual é, nesse momento, a velocidade angular do sistema barata-disco?
 - (b) Qual é a razão K/K_0 entre a nova energia cinética do sistema e a sua energia cinética antiga?
 - (c) Por que a energia cinética varia?
30. *H11.66* Na *Figura 10*, um pequeno bloco de $50g$ desliza para baixo em uma superfície curva sem atrito a partir de uma altura $h = 20cm$ e depois adere a uma barra uniforme de massa $100g$ e comprimento $40cm$. A barra gira em um ângulo θ em torno do ponto O antes de parar momentaneamente. Determine θ .
31. *H11.18* Em 1980, um grande ioiô foi solto de um guindaste sobre a baía de San Francisco. O ioiozão de $116kg$ era formado por dois discos uniformes com $32cm$ de raio, ligados por um eixo de $3,2cm$ de raio. Qual foi o módulo da aceleração do ioiô
- (a) durante a subida?
 - (b) durante a descida?
 - (c) Qual foi a tensão na corda?
 - (d) Se você construir uma versão gigante desse ioiô (mesma forma e mesmo materiais), o módulo da aceleração do seu mega ioiozão será maior, menor ou igual ao de San Francisco? E a tensão na corda?
32. *H11.69* Um certo giroscópio é formado por um disco uniforme com $50cm$ de raio montado no centro de um eixo de $11cm$ de comprimento e massa desprezível. O eixo está na posição horizontal, apoiado em uma das extremidades. Se o disco está girando em torno do eixo a $1000rev/min$, qual é a velocidade de precessão?

Parte 3 - Problemas Propostos

33. Enquanto uma moeda é mantida fixa sobre a superfície de uma mesa, uma segunda, idêntica à primeira, gira em volta dela sem deslizamento, como na *Figura 5*. Quando a segunda moeda retornar à posição original, qual é a distância angular percorrida por um ponto na borda dela?
34. *H10.32* Um pulsar é uma estrela de neutrons que gira muito rapidamente em torno de si própria e emite um feixe de rádio, do mesmo modo que um farol emite um feixe luminoso. Recebemos na terra um pulso de rádio para cada revolução da estrela. O período T de rotação de um pulsar é determinado medindo o intervalo de tempo entre os pulsos. O pulsar da nebulosa do Caranguejo tem um período de rotação $T = 0,033s$ que está aumentando a uma taxa de $1,26 \times 10^{-5}s/ano$.
- (a) Qual é a aceleração angular α do pulsar?
 - (b) Se α se mantiver constante, daqui a quantos anos o pulsar vai parar de girar?
 - (c) O pulsar foi criado pela explosão de uma supernova observada no ano de 1054. Supondo que a aceleração α se manteve constante, determine o período T logo após a explosão.
35. Determinar $|\vec{a}|$ do corpo A, que desliza com $\vec{v}_0 = 0$ pela rosca de um parafuso de passo h e raio R , após a n -ésima volta (despreze o atrito). *Figura 8*.
36. *Bola de Neve* Uma bola de neve rola sem deslizar por uma ladeira coberta de neve (considere a ladeira como um plano inclinado de um ângulo α). Conforme ela rola, sua massa aumenta de acordo com a relação: $m = m_0(1 + \beta\Delta x)$ onde β é uma constante e Δx é a distância percorrida pela bola. Considerando a densidade da esfera (ρ) uniforme, obtenha uma expressão para o seu momento de inércia como função de Δx , β , m_0 e ρ .

37. O sistema mostrado na *Figura 4* gira sem atrito entre o eixo e os mancais. Os momentos de inércia dos cilindros grande e pequeno são, respectivamente, I_R e I_r , e os dois cilindros formam uma peça única. Calcule:
- A aceleração angular dos cilindros.
 - A razão M/m para que o sistema fique em equilíbrio.
38. Considere uma bola de sinuca de massa m e raio R . Suponha que uma tacada feita a uma distância vertical b acima do centro de massa lhe transmita dois momentos $P_0 = mv_0$ e $L_0 = I\omega_0$.
- Obtenha uma expressão que determine o trabalho que a força de atrito faz na bola do momento da tacada até o momento onde ela passa a rolar sem deslizar, como função de v_0 , m , b , R e da velocidade de rolamento puro v .
 - Partindo dessa expressão, determine o valor de b para que a bola saia em rolamento puro desde o momento da tacada.

Figuras



Figura 1.

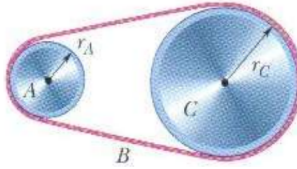


Figura 2.

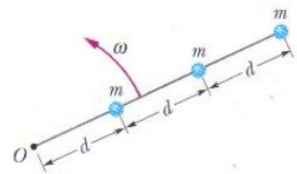


Figura 3.

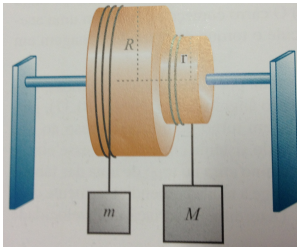


Figura 4.



Figura 5.

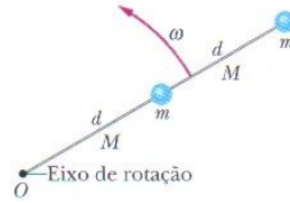


Figura 6.

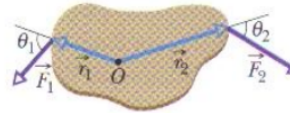


Figura 7.

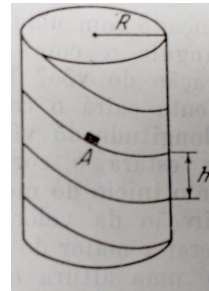


Figura 8.

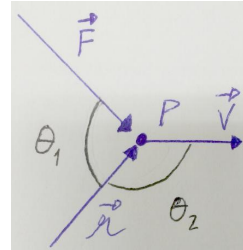


Figura 9.

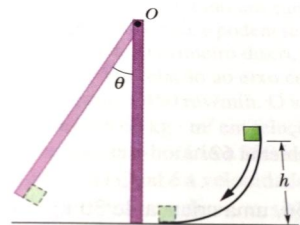


Figura 10.

Respostas

- $\omega_s = (\pi/30)rad/s = 0,105rad/s$,
 $\omega_m = (\pi/1800)rad/s = 1,75 \times 10^{-3}rad/s$,
 $\omega_h = (\pi/21600)rad/s = 1,45 \times 10^{-4}rad/s$

2. $\bar{\omega} = 11 \text{rad/s}$
3. $4,0 \text{rad/s} < \omega < 12 \text{rad/s}$
4. $v = 4,0 \text{m/s}$
5. (a) 9000rev/min^2
(b) 420 revoluções
6. $t = 8,0 \text{s}$
7. (a) $\alpha = 6,54 \text{rad/s}^2$
(b) $t = 4,85 \text{s}$
(c) $t = 9,65 \text{s}$
(d) 48 revoluções
8. $\theta(t) = 0,20t^6 - 0,25t^4 + 2,0t + 1,0$
9. (a) $\omega = 30 \text{rad/s}$
(b) $d = 140 \text{m}$
(c) $\alpha = -2,3 \text{rad/s}^2$
10. (a) $\omega = 3,0 \text{rad/s}$
(b) $v = 30 \text{m/s}$
(c) $a_t = 6,0 \text{m/s}^2$
(d) $a_r = 90 \text{m/s}^2$
11. (a) $a_T = 0,402 \text{m/s}^2$
(b) $a_R = 2364 \text{m/s}^2$
(c) $d = 82,7 \text{m}$
12. $t = 16 \text{s}$
13. (a) $v = 314 \text{m/s}$
(b) $v = 341 \text{m/s}$
14. (a) $\vec{\tau} = (yF_z - zF_y)\hat{i} + (zF_x - xF_z)\hat{j} + (xF_y - yF_x)\hat{k}$
(b) $\vec{\tau} = (xF_y - yF_x)\hat{k}$
15. $\vec{\tau} = (r_1 F_1 \sin(\theta_1) - r_2 F_2 \sin(\theta_2))\hat{k} \text{N.m}$, para fora da página.
16. $I = 0,097 \text{kg} \cdot \text{m}^2$
- 17.
18. $I = 12,3 \text{kg} \cdot \text{m}^2$
19. $E_{CR} = 2,6 \times 10^{29} \text{J}$
20. (a) $\alpha = -7,2 \text{rad/s}^2$
(b) $\tau = -18 \text{N.m}$
(c) $W = 8,0 \times 10^4 \text{J}$
(d) 700 Voltas
21. (a) $\tau = 5,2 \text{N.m}$
(b) $\alpha(5) = 525 \text{rad/s}^2$
(c) $(r/I)(t^2 + t^3/3)$
(d) $\omega(5) = 10^3 \text{rad/s}$
(e) $E_{CR} = 5,0 \text{kJ}$
22. (a) $I = (1/2)MR^2$
(b) Disco ou cilindro homogêneo de massa M e raio R
23. (a) $E_{CR} = 40\%E_C = 8,0 \text{J}$
(b) $v = 3,0 \text{m/s}$
(c) $E_C = 6,9 \text{J}$
(d) $v = 1,8 \text{m/s}$
24. (a) $\tau = 5,9 \text{N} \cdot \text{m}$, para dentro da página.
(b) $\tau = 28 \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$, para dentro da página.
25. $L = mvd$
26. (a) $I = 14md^2$
(b) $L = 4m\omega d^2$
(c) $L = 14m\omega d^2$
27. (a) $I = d^2(8M/3 + 5m) = 0,023 \text{kg.m}^2$
(b) $E_{CR} = (I\omega^2)/2 = 0,0010 \text{J}$
(c) $L = I\omega = 0,0069 \text{kg.m}^2/\text{s}$
28. (a) $\vec{\tau} = b\hat{i} + 3ct^2\hat{j}$
(b) $3,6 \text{N.m}$
29. (a) $\omega = 0,347 \text{rad/s}$
(b) $E_0/E_f = 1,33$
30. $\theta = 32^\circ$
- 31.
32. $\Omega = 0,041 \text{rad/s}$
33. $\Delta\theta = 4\pi$
34. (a) $\alpha = -2,3 \times 10^9 \text{rad/s}^2$
(b) $t = 2600 \text{anos}$
(c) $T = 0,024 \text{s}$
35. $a = gh\sqrt{\frac{4n^2}{R^2} + \frac{1}{h^2 + 4\pi^2 R^2}}$
- 36.
- 37.
- 38.

Referências

1. HALLIDAY; RESNICK; WALKER, JEARL - *Fundamentos de Física - Volume 1: Mecânica*, 8ed.
2. CHAVES, ALAOR - *Física Básica: Mecânica*, 4ed.
3. BUKHOVTSEV; KRIVTCHENKOV; MIAKISHEV; SARAIEVA - *Problemas seleccionados de Física elemental*