

105 •• Uma bola de bilhar, de 0,16 kg, cujo raio vale 3,0 cm, recebe uma forte tacada. A força aplicada é horizontal e sua linha de ação passa pelo centro da bola. A rapidez da bola imediatamente após a tacada é 4,0 m/s e o coeficiente de atrito cinético entre a bola e a mesa é 0,60. (a) Qual é o tempo transcorrido durante o deslizamento até que a bola comece a rolar sem deslizar? (b) Qual é a distância que ela percorre, deslizando? (c) Qual é a sua rapidez quando ela começa a rolar sem deslizar?

106 •• Uma bola de bilhar, inicialmente em repouso, recebe uma forte tacada. A força é horizontal e aplicada a uma distância $2R/3$ abaixo da linha diametral, como mostra a Figura 9-69. A rapidez da bola imediatamente após a tacada é v_0 e o coeficiente de atrito cinético entre a bola e a mesa é μ_c . (a) Qual é a rapidez angular da bola imediatamente após a tacada? (b) Qual é a rapidez da bola assim que ela começa a rolar sem deslizar? (c) Qual é a energia cinética da bola imediatamente após a tacada?

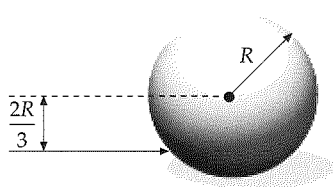


FIGURA 9-69
Problema 106

107 •• Uma bola de boliche, de raio R , começa a rolar sobre a pista com uma rapidez angular $\omega_0 = 3v_0/R$, onde v_0 é sua rapidez inicial. O coeficiente de atrito cinético é μ_c . (a) Qual é a rapidez da bola assim que ela começa a rolar sem deslizar? (b) Qual é o tempo transcorrido durante o deslizamento até que a bola começa a rolar sem deslizar? (c) Qual é a distância percorrida pela bola durante o deslizamento até começar a rolar sem deslizar?

PROBLEMAS GERAIS

108 •• O raio de um pequeno carrossel é 2,2 m. Para iniciar a rotação, você enrola uma corda em torno de seu perímetro e puxa com uma força de 260 N, durante 12 s. Durante este tempo, o carrossel completa uma volta. Despreze o atrito. (a) Determine a aceleração angular do carrossel. (b) Qual é o torque exercido pela corda sobre o carrossel? (c) Qual é o momento de inércia do carrossel?

109 •• Uma vara uniforme, de 2,00 m de comprimento, é elevada a 30° com a horizontal em cima de uma camada de gelo. A extremidade de baixo da vara permanece apoiada sobre o gelo. A vara é largada do repouso. A extremidade de baixo permanece sempre em contato com o gelo. Qual será a distância percorrida pela extremidade de baixo, durante o tempo em que o resto da vara cai sobre o gelo? Suponha o gelo sem atrito.

110 •• Um disco uniforme de 5,0 kg tem um raio de 0,12 m e gira livremente em torno de seu eixo (Figura 9-70). Um cordão, enrolado em volta do disco, é puxado com uma força de 20 N. (a) Qual é o torque exercido por esta força em relação ao eixo de rotação? (b) Qual é a aceleração angular do disco? (c) Se o disco parte do repouso, qual é sua rapidez angular após 5,0 s? (d) Qual é a energia cinética após os 5,0 s? (e) Qual é o deslocamento angular do disco durante os 5,0 s? (f) Mostre que o trabalho realizado pelo torque, $\tau \Delta\theta$, é igual à energia cinética.

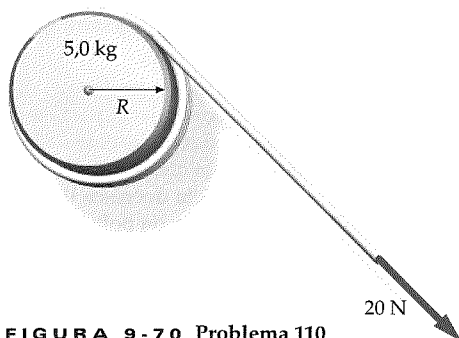


FIGURA 9-70 Problema 110

111 •• Uma barra fina uniforme de 0,25 kg, de 80 cm de comprimento, pode girar livremente em torno de um eixo fixo horizontal que passa, perpendicularmente, por uma de suas extremidades. Ela é largada da horizontal. Immediatamente após a largada, qual é (a) a aceleração do centro da barra e (b) a aceleração da extremidade livre da barra? (c) Qual é a rapidez do centro de massa da barra quando ela está (momentaneamente) na vertical?

112 •• Uma bola de gude de massa M e raio R desce rolando, sem deslizar, pelo trilho da esquerda, a partir de uma altura h_1 , como mostrado na Figura 9-71. Depois, ela sobe o trilho sem atrito da direita, até a altura h_2 . Determine h_2 .

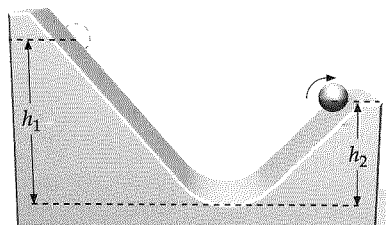


FIGURA 9-71
Problema 112

113 •• Um disco uniforme de 120 kg, com raio igual a 1,4 m, gira inicialmente com uma rapidez angular de 1100 rev/min. Uma força tangencial constante é aplicada a uma distância radial de 0,60 m do eixo. (a) Qual é o trabalho que esta força deve realizar para parar o disco? (b) Se o disco é levado ao repouso em 2,5 min, qual é o torque produzido pela força? Qual é a magnitude da força? (c) Quantas voltas o disco dá nesses 2,5 minutos?

114 •• Uma creche possui um carrossel que consiste em uma plataforma circular de madeira, uniforme, de 240 kg e de 4,00 m de diâmetro. Quatro crianças correm ao lado da plataforma, empurrando-a tangencialmente em sua circunferência, desde o repouso até ela atingir 2,14 rev/min. (a) Se cada criança aplica uma força de 26 N, qual é a distância que cada uma delas percorre? (b) Qual é a aceleração angular do carrossel? (c) Qual é o trabalho que cada criança realiza? (d) Qual é o aumento da energia cinética do carrossel?

115 •• Um aro uniforme de 1,5 kg, com 65 cm de raio, tem sua circunferência envolvida por um cordão e é colocado sobre uma mesa horizontal sem atrito. A extremidade livre do cordão é puxada com uma força horizontal constante de 5,0 N, não havendo deslizamento entre cordão e aro. (a) Qual é a distância percorrida pelo centro do aro em 3,0 s? (b) Qual é a rapidez angular do aro depois de 3,0 s?

116 •• Uma roda de amolar manual consiste em um disco uniforme de 60 kg, com 45 cm de raio. Ela possui uma manivela de massa desprezível a 65 cm do eixo de rotação. Uma carga compacta de 25 kg é presa à manivela quando ela está à mesma altura do eixo de rotação horizontal. Ignorando o atrito, determine (a) a aceleração angular inicial da roda e (b) a rapidez angular máxima da roda.

117 •• Um disco uniforme de raio r e massa M gira em torno de um eixo horizontal paralelo ao seu eixo de simetria e que passa por um ponto de seu perímetro, de forma a poder oscilar livremente em um plano vertical (Figura 9-72). Ele é largado do repouso, com seu centro de massa à mesma altura do pivô. (a) Qual é a rapidez angular do disco, quando seu centro de massa está diretamente abaixo do pivô? (b) Qual é a força exercida pelo pivô sobre o disco neste momento?

118 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** O teto de seu restaurante universitário é sustentado por vigas de madeira em forma de L invertido (Figura 9-73). Cada viga vertical tem 12,0 ft de altura e 2,0 ft de largura, e a viga horizontal cruzada tem 6,0 ft de comprimento. A massa da viga vertical é 350 kg e a massa da viga horizontal é 175 kg. Quando os operários estavam construindo o prédio, uma dessas estruturas começou a cair, antes de ser fixada em seu lugar. (Por sor-

79 •• A segunda lei de Kepler afirma: *A linha que liga o centro do Sol ao centro de um planeta varre áreas iguais em tempos iguais.* Mostre que esta lei segue diretamente da lei de conservação da quantidade de movimento angular e do fato de que a força de atração gravitacional entre um planeta e o Sol atua ao longo da linha que liga os centros dos dois corpos celestes.

80 •• Considere uma plataforma giratória cilíndrica de massa M e raio R , girando com uma rapidez angular inicial ω_1 . (a) Um periquito de massa m , após esvoaçar acima da plataforma, pousa suavemente sobre sua beirada, lá ficando, como mostra a Figura 10-58. Qual é a rapidez angular da plataforma após o pouso do periquito? (b) Ficando tonto, o periquito salta para fora (sem voar) com uma velocidade $\vec{v}$ em relação à plataforma. A direção de $\vec{v}$ é tangente à borda da plataforma e o sentido é o da rotação. Qual será a nova rapidez angular da plataforma? Expresse sua resposta em termos das massas m e M , do raio R , da rapidez v do periquito e da rapidez angular inicial ω_1 .

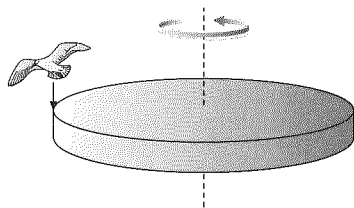


FIGURA 10-58 Problema 80

81 •• Você recebe um fino e pesado disco de metal (como uma moeda, mas maior; Figura 10-59) de 0,500 kg de massa e 0,125 m de raio. (Objetos como este são chamados de *discos de Euler*.) Colocando o disco sobre uma plataforma giratória, você o faz rodopiar sobre sua borda, em torno de um eixo vertical diametral, no centro da plataforma. Ao fazer isto, você segura a plataforma com a outra mão, largando-a assim que coloca o disco a rodopiar. A plataforma é um cilindro maciço uniforme de 0,250 m de raio e 0,735 kg de massa, e gira sobre mancais sem atrito. O disco tem uma rapidez angular inicial de 30 rev/min. (a) O disco rodopia e cai, terminando por ficar em repouso sobre a plataforma, com seu eixo de simetria coincidindo com o da plataforma. Qual é a rapidez angular final da plataforma? (b) Qual será a rapidez angular final se o eixo de simetria do disco termina a 0,100 m do eixo da plataforma?

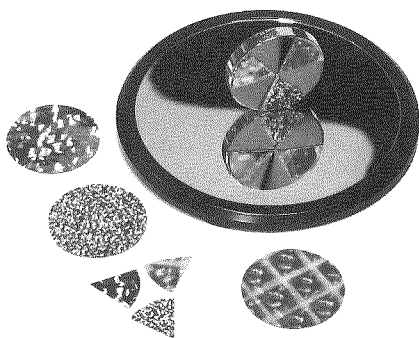


FIGURA 10-59
Problema 81 (Cortesia de Tangent Toy Co.)

82 •• (a) Supondo a Terra como uma esfera homogênea de raio r e massa m , mostre que o período T (tempo de uma rotação diária) de rotação em torno de seu eixo está relacionado com seu raio por $T = br^2$, onde $b = (4/5)\pi m/L$. Aqui, L é a magnitude da quantidade de

movimento angular de spin da Terra. (b) Suponha o raio r variando de uma pequena quantidade, Δr , devido a alguma causa interna, como expansão térmica. Mostre que a variação relativa do período é dada, aproximadamente, por $\Delta T/T = 2\Delta r/r$. (c) De quantos quilômetros r deve aumentar para que o período varie de 0,25 dia/ano (de forma a que não sejam mais necessários os anos bissextos)?

83 •• O termo *precessão dos equinócios* se refere ao fato de que o eixo de rotação da Terra não permanece fixo, mas varre um cone a cada 26.000 anos. (É por isto que nossa estrela Polar não será uma estrela polar para sempre.) A razão para esta instabilidade é que a Terra é um gigantesco giroscópio. O eixo de rotação da Terra sofre precessão, devido aos torques exercidos sobre ele pelas forças gravitacionais do Sol e da Lua. O ângulo entre a direção do eixo de rotação da Terra e a normal ao plano da eclíptica (o plano da órbita terrestre) é de 22,5 graus. Calcule um valor aproximado para o torque, sabendo que o período de rotação da Terra é 1,00 dia e que seu momento de inércia é $8,03 \times 10^{37} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

84 •• Como indicado no texto, de acordo com o modelo-padrão de física de partículas os elétrons são partículas pontuais sem extensão espacial. (Esta suposição tem sido confirmada experimentalmente, tendo-se verificado que o raio do elétron é menor do que 10^{-18} m .) O spin de um elétron poderia, *em princípio*, ser devido à sua rotação. Vamos verificar se isto é possível. (a) Supondo que o elétron seja uma esfera uniforme de $1,00 \times 10^{-18} \text{ m}$ de raio, qual seria a rapidez angular necessária para produzir os valores observados de $\hbar/2$ para a quantidade de movimento angular de spin? (b) Usando este valor de rapidez angular, mostre que a rapidez de um ponto no "equador" de um elétron "girante" seria maior do que a rapidez da luz. Qual é sua conclusão sobre a quantidade de movimento angular de spin ser análoga à do giro de uma esfera com extensão espacial?

85 •• Um interessante fenômeno que ocorre em certos *pulsares* (veja o Problema 24) é o evento conhecido como "pane de spin", isto é, uma rápida mudança na taxa de spin do pulsar, devida a uma redistribuição da massa com a conseqüente variação da inércia rotacional. Imagine um pulsar de 10,0 km de raio com um período de rotação de 25,032 ms. Observa-se que o período de rotação repentinamente diminui de 25,032 ms para 25,028 ms. Se esta diminuição foi causada por uma contração da estrela, de quanto o raio do pulsar teve que variar?

86 ••• A Figura 10-60 mostra uma polia, na forma de um disco uniforme, por onde passa uma corda. A circunferência da polia é 1,2 m e sua massa é 2,2 kg. A corda tem 8,0 m de comprimento e sua massa é 4,8 kg. No instante mostrado na figura, o sistema está em repouso e a diferença de altura entre as duas extremidades da corda é 0,60 m. (a) Qual é a rapidez angular da polia quando a diferença de altura entre as duas extremidades da corda é 7,2 m? (b) Obtenha uma expressão para a quantidade de movimento angular do sistema, como função do tempo, enquanto nenhuma das extremidades da corda está acima do centro da polia. Não existe deslizamento entre a corda e a polia.

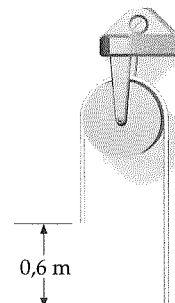


FIGURA 10-60 Problema 86