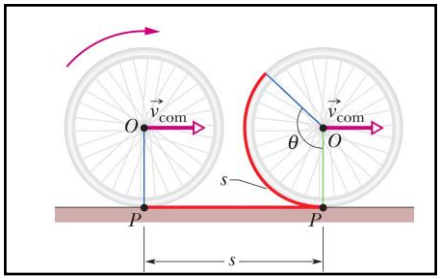
Capítulo 11

Rolamento, Torque, e Momento Angular

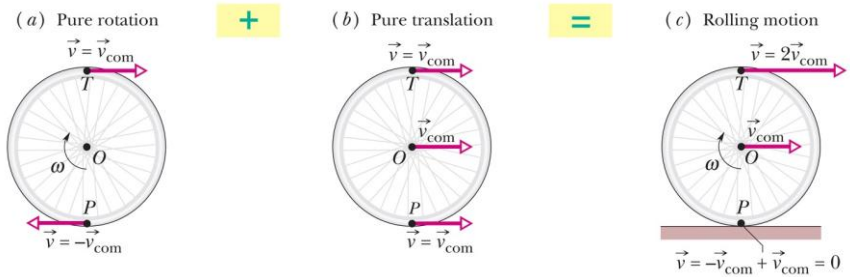
WILEY

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Cap. 11 – Rolamento, Torque e Momento Angular



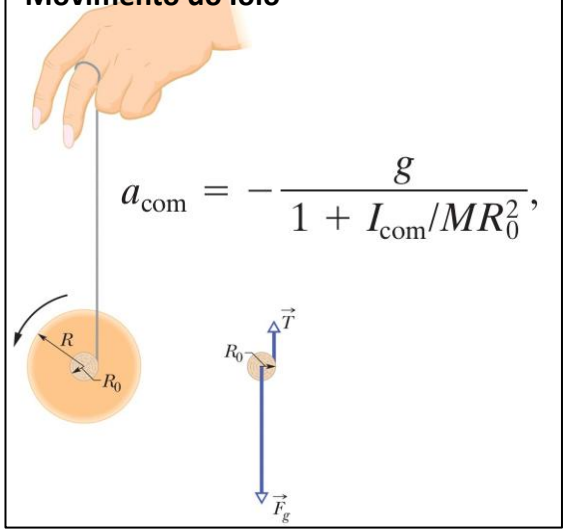
Rotação + Translação = Rolamento



Rolamento simples rampa abaixo

$$a_{com,x} = -\frac{g \sin\theta}{1 + I_{com}/MR^2}$$

Movimento do loiô



Energia cinética rotacional e translacional

$$K = \frac{1}{2}Mv_{com}^2 + \frac{1}{2}I_{com}\omega^2$$

Posição

$$s = \theta R$$

Velocidade

$$v_{com} = \omega R$$

Aceleração

$$a_{com} = \alpha R$$

Torque

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\tau = (r)(F \sin\phi)$$

Momento Angular

$$\vec{\ell} = \vec{r} \times \vec{p} = m(\vec{r} \times \vec{v})$$

$$\ell = rmv \sin\phi,$$

Torque resultante

$$\vec{\tau}_{net} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

2ª. Lei de Newton para rotação

$$\vec{\tau}_{net} = \frac{d\vec{\ell}}{dt}$$

Mom. Ang. para sist. de partículas

$$\vec{L} = \vec{\ell}_1 + \vec{\ell}_2 + \vec{\ell}_3 + \cdots + \vec{\ell}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{\ell}_i.$$

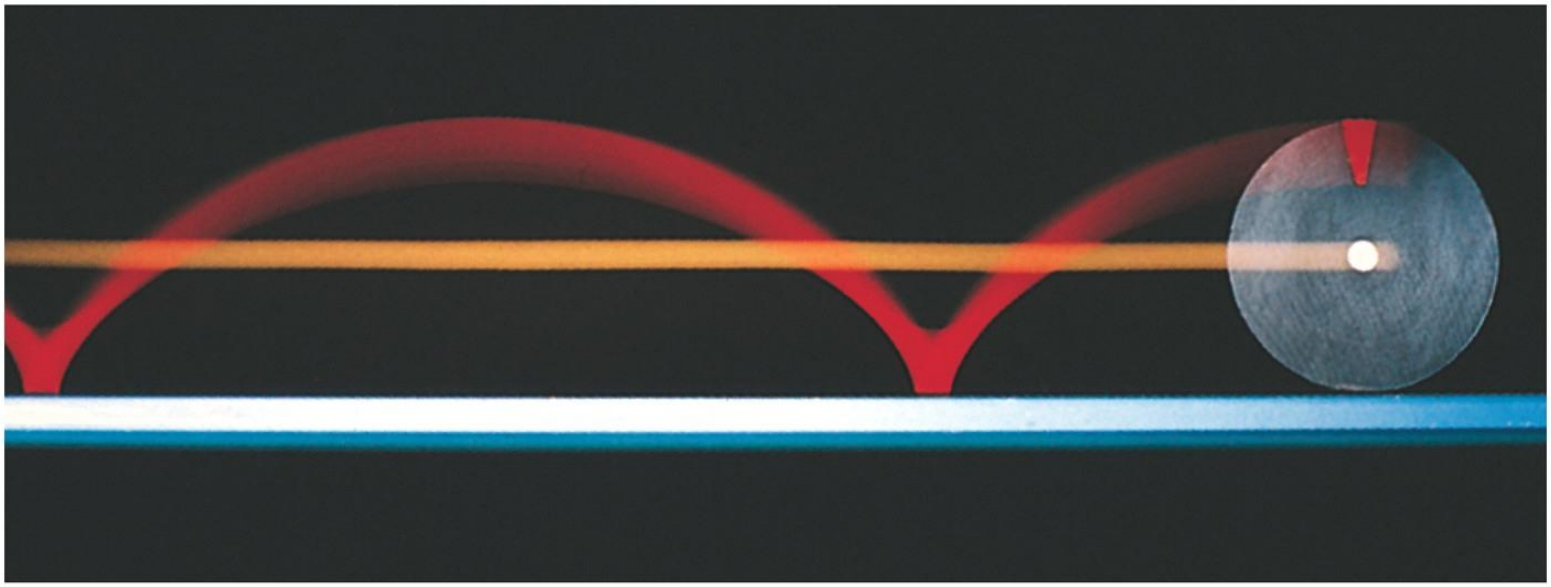
Mom. Ang. de um corpo rígido

$$L = I\omega$$

Lei de consesrvação do Mom. Ang.

$$\vec{L}_i = \vec{L}_f \quad (sist.isolados)$$

11-1 Rolamento como Translação e Rotação combinadas



Richard Megna/Fundamental Photographs

Figura 11-2

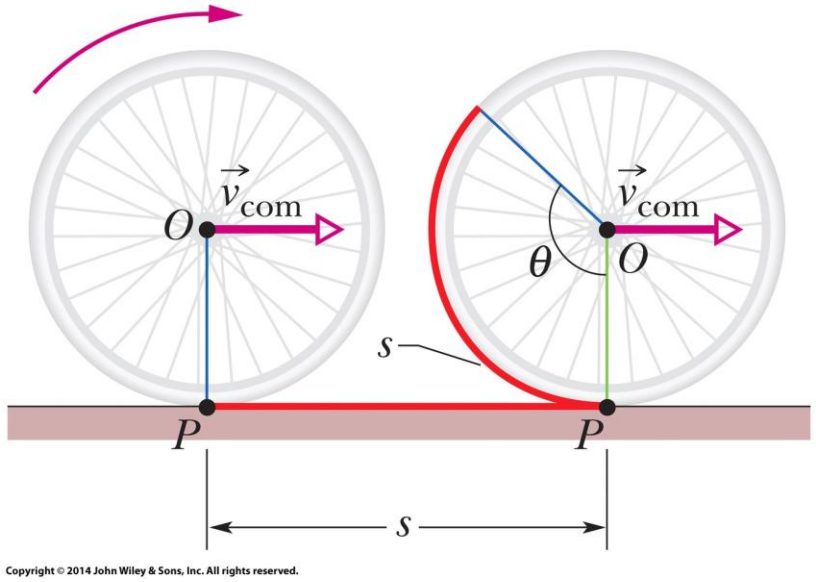
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-1 Rolamento como Translação e Rotação combinadas

- Consideramos apenas objetos que rolam sem deslizar
- O centro de massa (c.o.m.) do objeto move-se em linha reta paralela à superfície
- O objeto gira em torno do c.o.m. conforme se desloca
- O movimento rotacional é definido por:

$$s = \theta R, \qquad \textbf{Eq. (11-1)}$$

$$v_{\text{com}} = \omega R \qquad \textbf{Eq. (11-2)}$$



Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Figura 11-3

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-1 Rolamento como Translação e Rotação combinadas

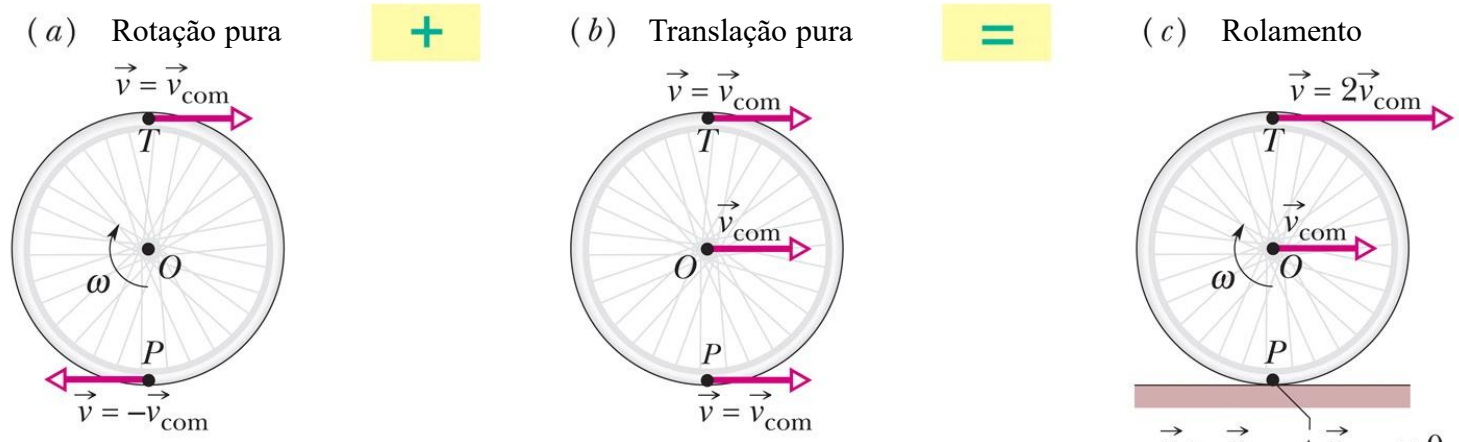


Figura 11-4

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

- A figura mostra como as velocidades de translação e rotação se combinam em pontos diferentes na roda

Checkpoint 1

A roda traseira da bicicleta de um palhaço tem um raio duas vezes maior que da roda dianteira. (a) Quando a bicicleta se move, a velocidade linear no topo da roda traseira é maior que, menor que ou a mesma daquela no topo da roda dianteira? (b) A velocidade angular da roda traseira maior, menor ou igual àquela da roda dianteira?

Answer: (a) the same (b) less than

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-2 Forças e Energia Cinética de Rolamento

- Combinando energias cinética translacional e rotacional:

$$K = \tfrac{1}{2} I_{\text{com}} \omega^2 + \tfrac{1}{2} M v_{\text{com}}^2. \qquad \textbf{Eq. (11-5)}$$

Um objeto rolando tem dois tipos de energia cinética: a energia cinética rotacional devido à sua rotação em torno de seu centro de massa e uma energia cinética de translação devido à translação de seu centro de massa.

- Se uma roda acelera, sua velocidade angular se altera
- Uma força deve agir para prevenir o deslizamento

$$a_{\text{com}} = \alpha R \qquad \textbf{Eq. (11-6)}$$

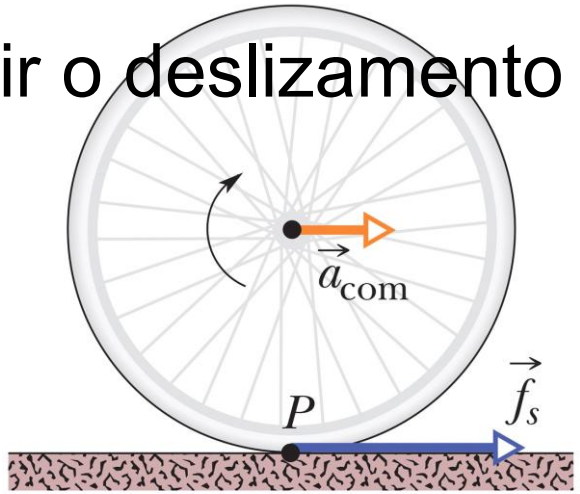


Figura 11-7

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-2 Forças e Energia Cinética de Rolamento

- Se ocorre deslizamento, então o movimento *não é* rolamento simples!
- Para rolamento simples rampa abaixo:
  1. A força gravitacional é verticalmente para baixo
  2. A força normal é perpendicular à rampa
  3. A força de atrito aponta paralela ao sentido rampa acima

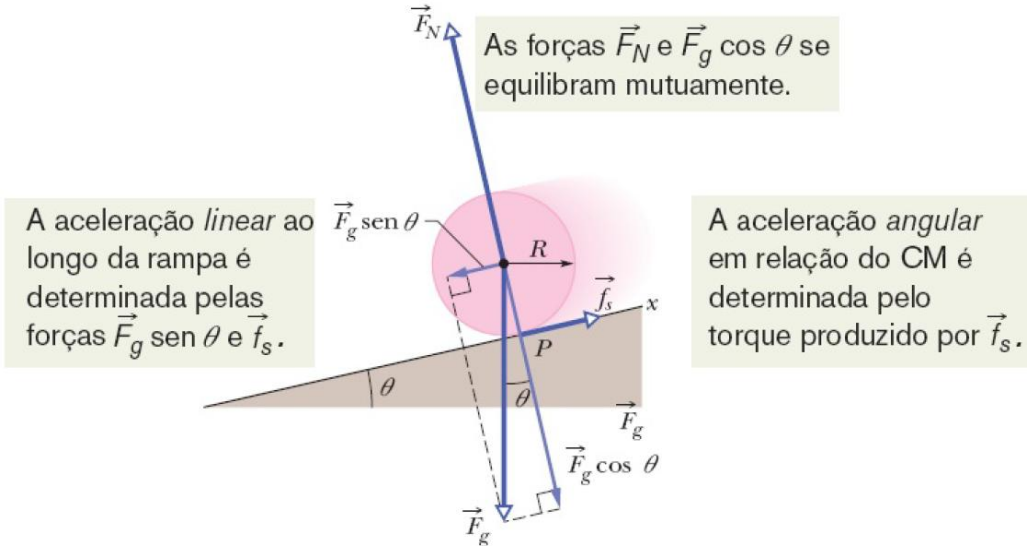


Figura 11-8

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-2 Forças e Energia Cinética de Rolamento

- Podemos usar esta equação para achar a aceleração deste corpo

$$a_{\text{com},x} = -\frac{g \sin\theta}{1 + I_{\text{com}}/MR^2}. \qquad \textbf{Eq. (11-10)}$$

- Note que a força de atrito produz o rolamento
- Sem atrito, o objeto simplesmente deslizaria



Checkpoint 2

Os discos A e B são idênticos e rolam sobre o chão com velocidades iguais. Então o disco A rola para cima num plano inclinado atingindo uma altura máxima h, e o disco B se move para cima num plano inclinado que é idêntico exceto que é sem atrito. A altura máxima atingida pelo disco B maior, menor ou igual a h?

Answer: The maximum height reached by *B* is less than that reached by *A*. For *A*, all the kinetic energy becomes potential energy at *h*. Since the ramp is frictionless for B, all of the rotational *K* stays rotational, and only the translational kinetic energy becomes potential energy at its maximum height.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-3 O loiô

- Conforme um ioiô se move para baixo no barbante, ele perde energia potencial *mgh* mas ganha energia cinética rotacional e translacional
- Para encontrar a aceleração linear de um ioiô descendo o barbante:
  1. Rola para baixo numa “rampa” de 90°
  2. Rola num eixo ao invés de em sua superfície externa
  3. Devagar pela tensão *T* ao invés de por atrito

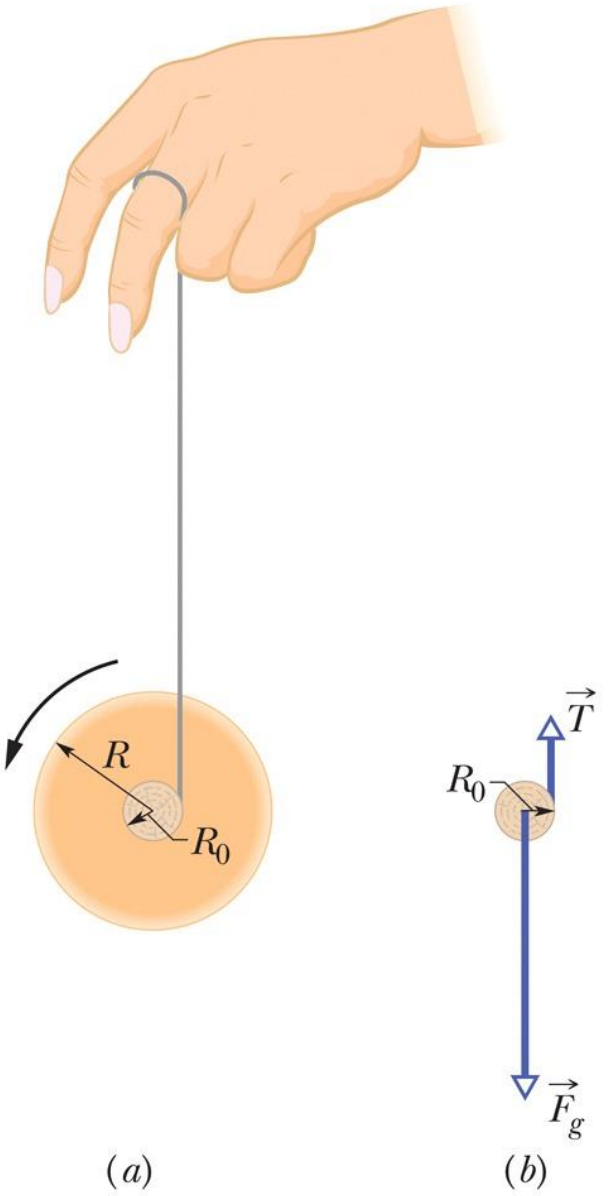


Figura 11-9

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.
Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved

11-3 O loiô

- Substituindo os valores em 11-10 nos leva a:

$$a_{\text{com}} = -\frac{g}{1 + I_{\text{com}}/MR_0^2}, \quad \textbf{Eq. (11-13)}$$

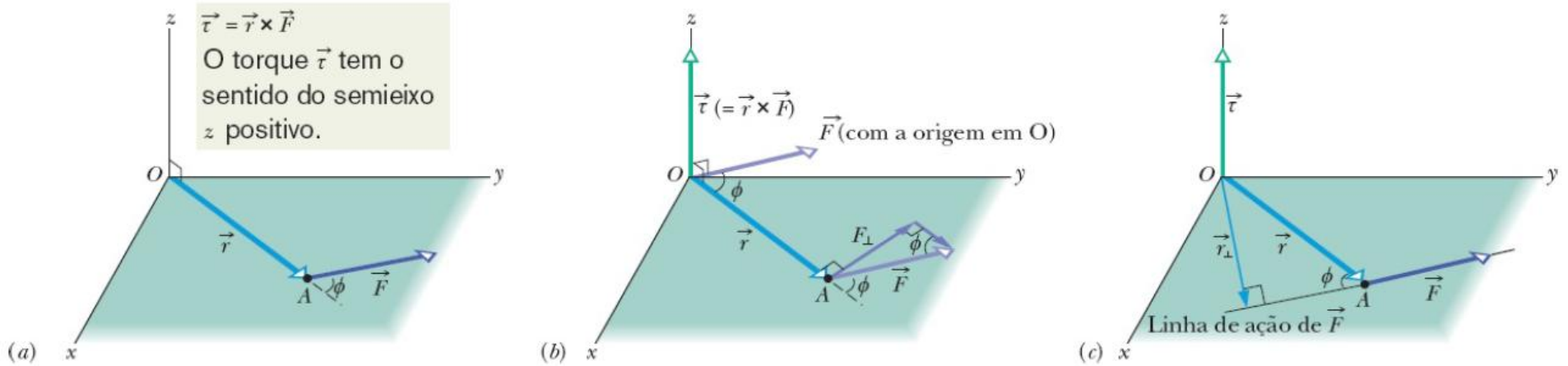
Exemplo Calcular a aceleração do ioiô

- M = 150 gramas, R_0 = 3 mm, I_{com} = $Mr^2/2$ = 3E-5 kg m^2
- Portanto a_{com} = -9.8 m/s^2 / (1 + 3E-5 / (0.15 * 0.003^2))
  = - .4 m/s^2

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-4 O Torque Revisitado

- Previamente, torque foi definido apenas para um corpo girando e um eixo fixo
- Agora o redefinimos para uma partícula individual que se move ao longo de qualquer trajetória relativa a um ponto fixo
- A trajetória não precisa ser circular; torque agora é vetor
- Sentido determinado pela regra da mão direita



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Figura 11-10

11-4 O Torque Revisitado

- A equação geral para o torque é:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \qquad \textbf{Eq. (11-14)}$$

- Podemos escrever o módulo como:

$$\tau = rF \sin \phi, \qquad \textbf{Eq. (11-15)}$$

- Ou, usando a componente perpendicular da força ou braço de alavanca de *F*:

$$\tau = rF_{\perp}, \qquad \textbf{Eq. (11-16)}$$

$$\tau = r_{\perp}F, \qquad \textbf{Eq. (11-17)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-4 O Torque Revisitado



Checkpoint 3

O vetor posição r da partícula aponta ao longo da direção e do sentido positivo de um eixo *z*. Se o torque sobre a partícula é (a) zero, (b) na direção e no sentido negativo de *x*, e (c) na direção e no sentido negativo de *y*, em qual direção e sentido atua a força causadora do torque?

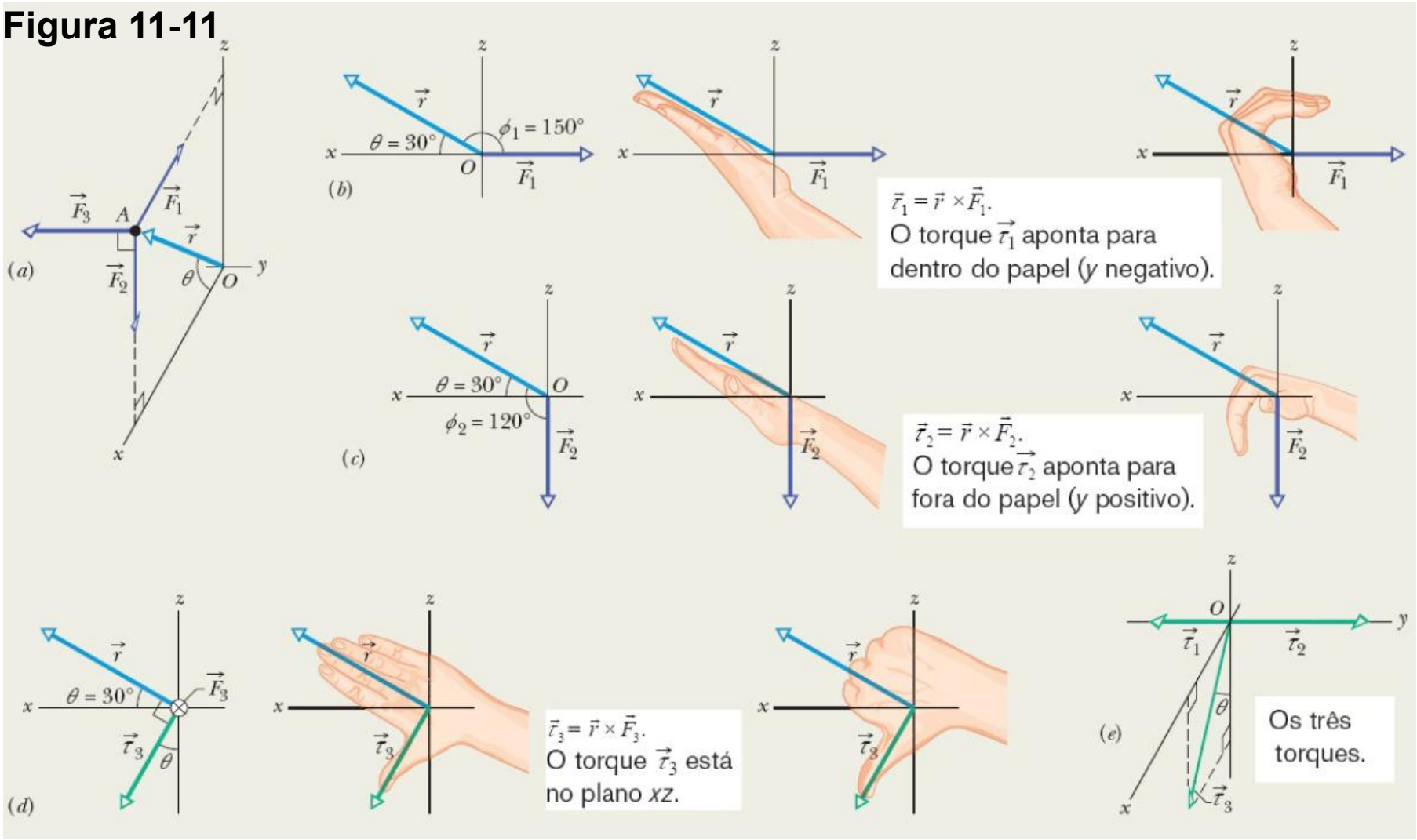
Answer: (a) along the *z* direction (b) along the +*y* direction (c) along the +x direction

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-4 O Torque Revisitado

Exemplo Calculando o torque resultante:

Figura 11-11



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-5 Momento Angular

- Aqui investigamos a contraparte angular do momento linear
- Escrevemos:

$$\vec{\ell} = \vec{r} \times \vec{p} = m(\vec{r} \times \vec{v})$$

Eq. (11-18)

- Note que a partícula não precisa girar em torno de *O* para ter momento angular ao redor dele
- A unidade de momento angular é kg m^2/s, ou J s

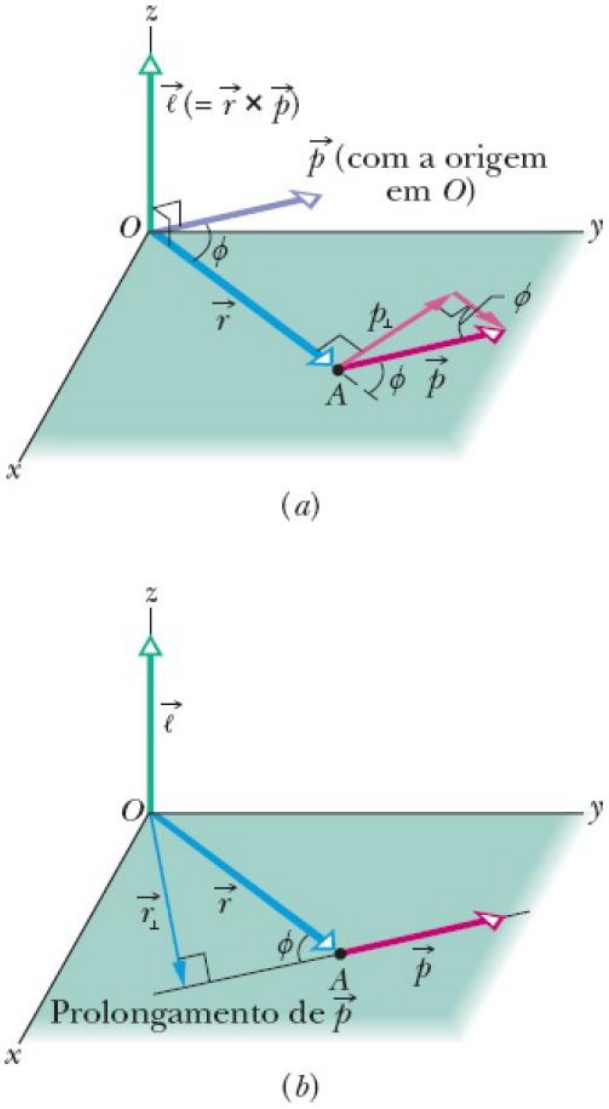


Figura 11-12

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-5 Momento Angular

- Para encontrar a direção e sentido do momento angular, use a regra da mão direita para relacionar *r* e *v*
- Para encontrar o módulo, use a equação para o módulo do produto vetorial:

$$\ell = rmv \sin \phi, \qquad \textbf{Eq. (11-19)}$$

- A qual pode ser reescrita como:

$$\ell = rp_\perp = rmv_\perp, \qquad \textbf{Eq. (11-20)}$$

$$\ell = r_\perp p = r_\perp mv, \qquad \textbf{Eq. (11-21)}$$

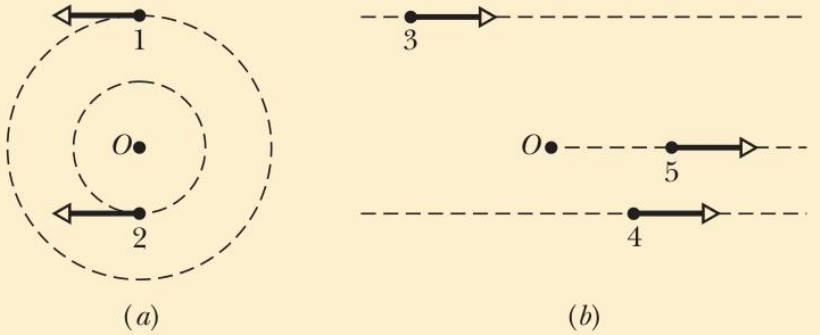
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-5 Momento Angular

- Momento angular tem significado apenas com respeito a uma origem determinada
- É sempre perpendicular a um plano formado pelos vetores posição e momento linear

Checkpoint 4

Na parte (a) da figura, as partículas 1 e 2 se movem ao redor do ponto O em círculos com raios 2 m e 4 m. Na parte (b) as partículas 3 e 4 viajam ao longo de linhas retas distantes perpendicularmente de 4 m e 2 m do ponto O. A partícula 5 se movem diretamente se afastando de O. Todas as 5 partículas têm a mesma massa e a mesma velocidade constante. (a) Ordene as partículas de acordo com os módulos de seus momentos angulares em torno do ponto O, o maior primeiro. (b) Qual partícula tem momento angular negativo em torno do ponto O?



Answer: (a) 1 & 3, 2 & 4, 5

(b) 2 and 3 (assuming counterclockwise is positive)

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-6 Segunda Lei de Newton na Forma Angular

- Reescrevemos a segunda lei de Newton como:

$$\vec{\tau}_{\text{net}} = \frac{d\vec{\ell}}{dt}$$

Eq. (11-23)

- O torque e o momento angular precisam ser definidos com respeito a um mesmo ponto (usualmente a origem)

O (vetor) soma de todos os torques que agem sobre um partícula é igual à taxa de variação temporal do momento angular daquela partícula.

- Note a similaridade com a forma linear:

$$\vec{F}_{\text{net}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

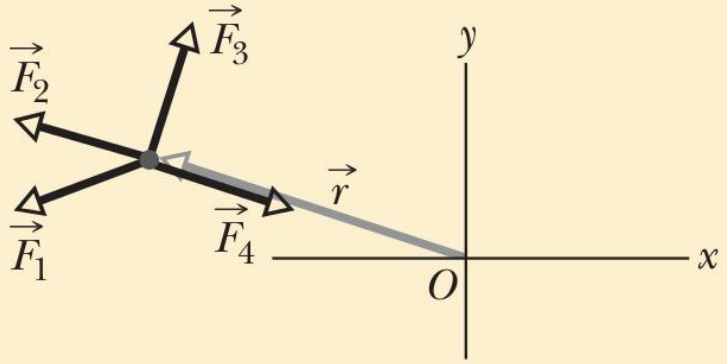
Eq. (11-22)

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-6 Segunda Lei de Newton na Forma Angular

Checkpoint 5

A figura mostra o vetor posição r de uma partícula num certo instante, e quatro escolhas para a direção da força que acelera a partícula. Todas as quatro escolhas estão no plano xy. (a) Ordene estas escolhas de acordo com o módulo da variação com o tempo do momento angular desta partícula em torno do ponto O, o maior primeiro. (b) Qual destas forças resultam em taxa negativa em torno de O?



Answer: (a) F_3, F_1, F_2 & F_4 (b) F_3 *(assuming counterclockwise is positive)*

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-7 Momento Angular de um Corpo Rígido

- Somamos os momentos angulares das partículas para encontrar o momento angular de um sistema de partículas:

$$\vec{L} = \vec{\ell}_1 + \vec{\ell}_2 + \vec{\ell}_3 + \cdots + \vec{\ell}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{\ell}_i. \qquad \textbf{Eq. (11-26)}$$

- A taxa de alteração do momento angular resultante é:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \vec{\tau}_{\text{net},i}. \qquad \textbf{Eq. (11-28)}$$

- O torque resultante é definido por esta alteração:

$$\vec{\tau}_{\text{net}} = \frac{d\vec{L}}{dt} \qquad \textbf{Eq. (11-29)}$$



O torque externo resultante agindo num sistema de partículas é igual à variação temporal do momento angular ***L*** total do sistema.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-7 Momento Angular de um Corpo Rígido

- Note que o torque e o momento angular devem ser mensurados com relação à mesma origem
- Se o centro de massa estiver acelerando, então aquela origem *deve* ser o centro de massa
- Podemos encontrar o momento angular de um corpo rígido através da soma:

$$L_z = \sum_{i=1}^{n} \ell_{iz} = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \, v_i r_{\perp i} = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i (\omega r_{\perp i}) r_{\perp i}$$

$$= \omega \left(\sum_{i=1}^{n} \Delta m_i \, r_{\perp i}^2 \right). \qquad \textbf{Eq. (11-30)}$$

- A soma é o momento de inércia rotacional *I* do corpo

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

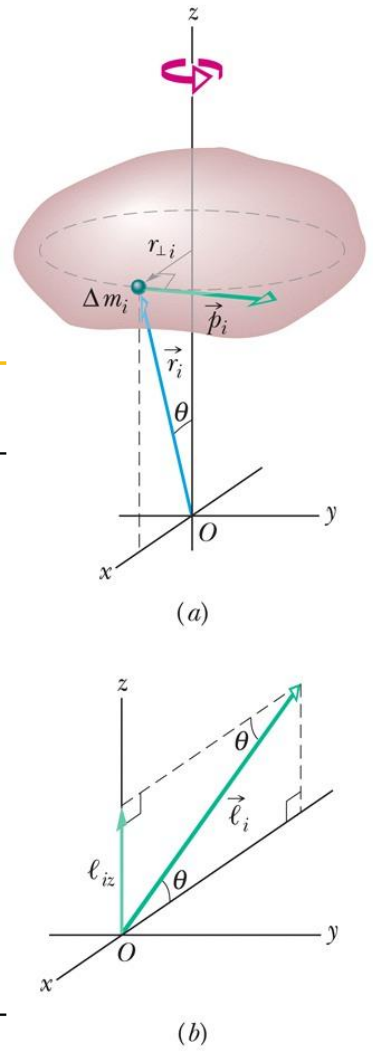
11-7 Momento Angular de um Corpo Rígido

- Portanto isto se traduz para:

$$L = I\omega$$ **Eq. (11-31)**

Tabela 11-1 Outras Correspondências entre os Movimentos de Translação e Rotação[a]

Translação		Rotação	
Força	$\vec{F}$	Torque	$\vec{\tau}\ (=\vec{r}\times\vec{F})$
Momento linear	$\vec{P}$	Momento angular	$\vec{\ell}\ (=\vec{r}\times\vec{F})$
Momento linear[b]	$\vec{P}(=\Sigma\vec{P}_i)$	Momento angular$_b$	$\vec{L}\ (=\Sigma\vec{\ell}_i)$
Momento linear[b]	$\vec{P}=M\vec{v}_{CM}$	Momento angular$_c$	$L=I\omega$
Segunda lei de Newton[b]	$\vec{F}_{res}=\frac{d\vec{P}}{dt}$	Segunda lei de Newton$_b$	$\vec{\tau}_{res}=\frac{d\vec{L}}{dt}$
Lei de conservação[d]	$\vec{P}=$ constante	Lei de conservação[d]	$\vec{L}=$ constante



Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Figura 11-15

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-8 Conservação de Momento Angular

- Uma vez que temos uma nova versão para a segunda lei de Newton, temos também uma nova lei de conservação:

$$\vec{L} = \text{constante} \quad \text{(sistema isolado).} \qquad (11\text{-}32)$$

- A **lei de conservação de momento angular** diz que, para um sistema isolado,

(*mom. ang. resultante inicial*) = (*mom. ang. resultante final*)

$$\vec{L}_i = \vec{L}_f \quad \text{(sistema isolado).} \qquad (11\text{-}33)$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-8 Conservação de Momento Angular

Se o torque externo resultante que age sobre um sistema é nulo, o momento angular $\vec{L}$ do sistema permanece constante, sejam quais forem as mudanças que ocorrem dentro do sistema.

- Uma vez que estas são equações vetoriais, são equivalentes a três equações escalares correspondentes
- Isto significa que podemos separar os eixos e escrever:

Se a componente do torque *externo* resultante que age sobre um sistema ao longo de um eixo é nula, a componente do momento angular do sistema ao longo desse eixo permanece constante, sejam quais forem as mudanças que ocorrem dentro do sistema.

- Se a distribuição de massa muda sem torque externo, temos:

$$I_i\omega_i = I_f\omega_f. \quad \textbf{Eq. (11-34)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-8 Conservação de Momento Angular

Exemplo Conservação de momento angular

- Um estudante girando numa cadeira: a velocidade de rotação aumenta quando encolhe os braços e diminui quando os estende
- Um mergulhador: velocidade rotacional é controlada por encolher os braços e pernas, o que reduz o mom. de inércia e aumenta a velocidade rotacional
- Um saltador: o momento angular causado pelo torque durante o salto inicial pode ser transferido para a rotação dos braços, mantendo o saltador para cima

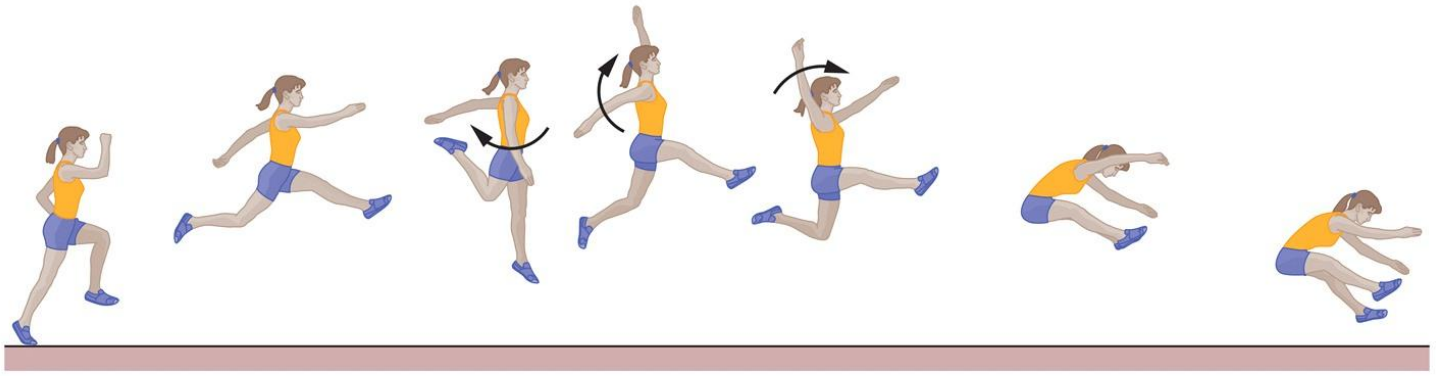


Figura 11-18

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-9 Precessão de um Giroscópio

- Um giroscópio parado, como na figura ao lado em (a) tomba
- Um giroscópio girando (b) ao contrário, gira em torno do eixo vertical
- Esta rotação é chamada de **precessão**

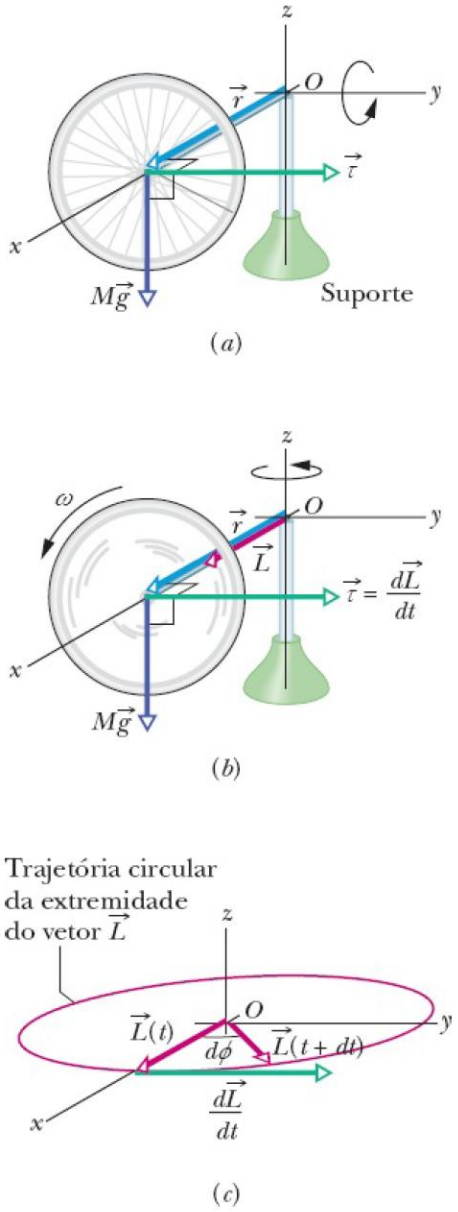


Figura 11-22

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-9 Precessão de um Giroscópio

- O momento angular de um giroscópio (girando rapidamente) é:

$$L = I\omega, \qquad \text{Eq. (11-43)}$$

- O torque pode mudar só a direção de *L*, não seu módulo, por causa de (11-43)

$$d\vec{L} = \vec{\tau}\, dt. \qquad \text{Eq. (11-44)}$$

- A única maneira de sua direção mudar ao longo da direção do torque sem que seu módulo mude é se rotacionar em torno do eixo central
- Portanto precessiona ao invés de tombar

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11-9 Precessão de um Giroscópio

- A **taxa de precessão** é dada por:

$$\Omega = \frac{Mgr}{I\omega}$$

Eq. (11-46)

- Verdadeira para veloc. angular suficientemente alta
- Independente da massa, (*I* é proporcional a *M*) mas depende de *g*
- Válida para um giroscópio em ângulo com a horizontal também

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11 Sumário

Corpos em rolagem

$$v_{\text{com}} = \omega R \qquad \textbf{Eq. (11-2)}$$

$$K = \tfrac{1}{2} I_{\text{com}} \omega^2 + \tfrac{1}{2} M v_{\text{com}}^2. \qquad \textbf{Eq. (11-5)}$$

$$a_{\text{com}} = \alpha R \qquad \textbf{Eq. (11-6)}$$

Torque como um Vetor

- Direção dada pela regra da mão direita

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \qquad \textbf{Eq. (11-14)}$$

Mom. Angular de uma Partícula

$$\vec{\ell} = \vec{r} \times \vec{p} = m(\vec{r} \times \vec{v})$$

Eq. (11-18)

2a. Lei de Newton na Forma Angular

$$\vec{\tau}_{\text{net}} = \frac{d\vec{\ell}}{dt} \qquad \textbf{Eq. (11-23)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11 Sumário

Mom. Angular de um Sistema de Partículas

$$\vec{L} = \vec{\ell}_1 + \vec{\ell}_2 + \vec{\ell}_3 + \cdots + \vec{\ell}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{\ell}_i.$$

Eq. (11-26)

$$\vec{\tau}_{\text{net}} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Eq. (11-29)

Mom. Angular de um Corpo Rígido

$$L = I\omega$$

Eq. (11-31)

Conservalção de Mom. Angular

$$\vec{L} = \text{a constant}$$

Eq. (11-32)

$$\vec{L}_i = \vec{L}_f$$

Eq. (11-33)

Precessão de um Giroscópio

$$\Omega = \frac{Mgr}{I\omega}$$

Eq. (11-46)

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

11 Problemas

Halliday 9ª. Edição

Cap. 11:

Problemas 1; 7; 16; 17; 31; 32; 36; 47; 58; 81

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-1

·1 Um carro se move a 80,0 km/h em uma estrada plana no sentido positivo de um eixo x. Os pneus têm um diâmetro de 66 cm. Em relação a uma mulher que viaja no carro e na notação dos vetores unitários, determine a velocidade $\vec{v}$ (a) no centro, (b) no alto e (c) na base de cada pneu e o módulo a da aceleração (d) no centro, (e) no alto e (f) na base de cada pneu. Em relação a uma pessoa parada no acostamento da estrada e na notação dos vetores unitários, determine a velocidade $\vec{v}$ (g) no centro, (h) no alto e (i) na base de cada pneu e o módulo da aceleração a (j) no centro, (k) no alto e (l) na base de cada pneu.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-7

··7 Na Fig. 11-31, um cilindro maciço com 10 cm de raio e massa de 12 kg parte do repouso e rola para baixo uma distância $L = 6{,}0$ m, sem deslizar, em um telhado com uma inclinação $\theta = 30°$. (a) Qual é a velocidade angular do cilindro em relação ao eixo central ao deixar o telhado? (b) A borda do telhado está a uma altura $H = 5{,}0$ m. A que distância horizontal da borda do telhado o cilindro atinge o chão?

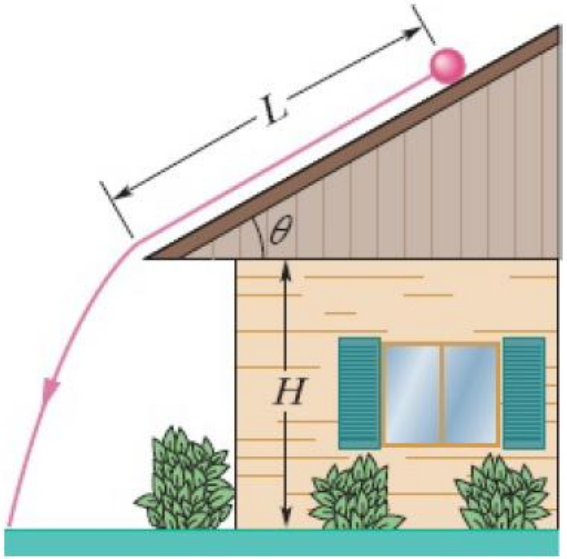


Figura 11-31 Problema 7.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-16

···16 *Objeto cilíndrico não homogêneo.* Na Fig. 11-39, um objeto cilíndrico de massa M e raio R rola suavemente descendo uma rampa, a partir do repouso, e passa para um trecho horizontal da pista. Em seguida, o objeto sai da pista, pousando no solo a uma distância horizontal $d = 0{,}506$ m do final da pista. A altura inicial do objeto é $H = 0{,}90$ m; a extremidade da pista está a uma altura $h = 0{,}10$ m. O objeto é composto por uma camada cilíndrica externa, homogênea (com uma certa massa específica), e um cilindro central, também homogêneo (com uma massa específica diferente). O momento de inércia do objeto é dado pela expressão geral $I = \beta MR^2$, mas β não é igual a 0,5, como no caso de um cilindro homogêneo. Determine o valor de β.

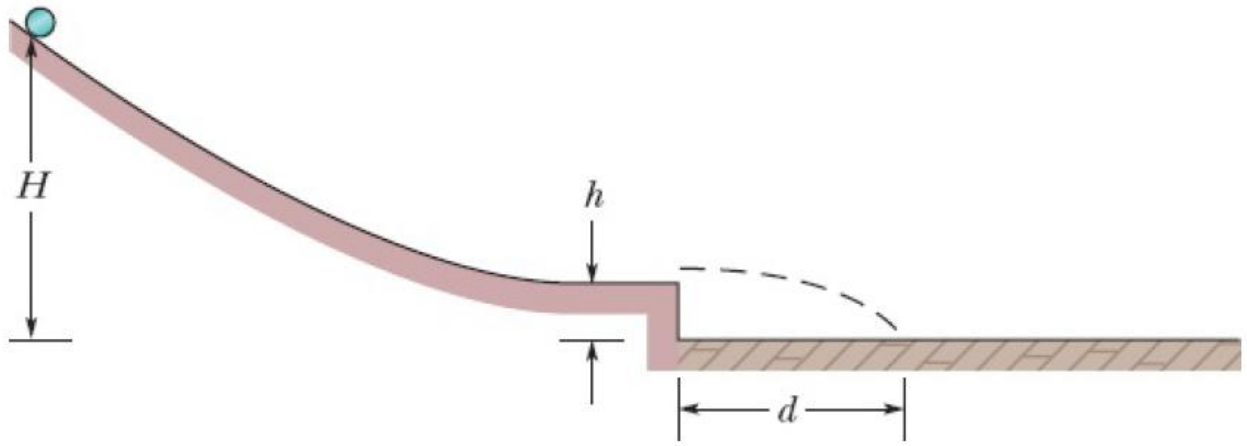


Figura 11-39 Problema 16.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-17

·17  Um ioiô possui um momento de inércia de 950 g · cm² e uma massa de 120 g. O raio do eixo é 3,2 mm e a corda tem 120 cm de comprimento. O ioiô rola para baixo, a partir do repouso, até a extremidade da corda. (a) Qual é o módulo da aceleração linear do ioiô? (b) Quanto tempo o ioiô leva para chegar à extremidade da corda? Ao chegar à extremidade da corda, (c) qual é a velocidade linear, (d) qual é a energia cinética de translação, (e) qual é a energia cinética de rotação e (f) qual é a velocidade angular?

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-31

··31 Na Fig. 11-42, uma bola de 0,400 kg é lançada verticalmente para cima com velocidade inicial de 40,0 m/s. Qual é o momento angular da bola em relação a *P*, um ponto a uma distância horizontal de 2,00 m do ponto de lançamento, quando a bola está (a) na altura máxima e (b) na metade do caminho de volta ao chão? Qual é o torque em relação a *P* a que a bola é submetida devido à força gravitacional quando está (a) na altura máxima e (b) na metade do caminho de volta ao chão?

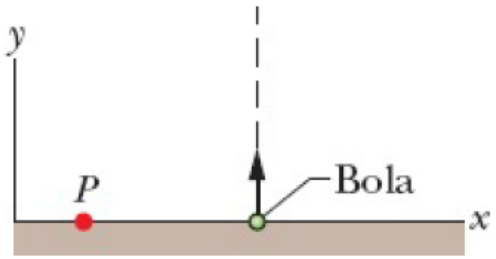


Figura 11-42 Problema 31.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-32

·32 Uma partícula sofre a ação de dois torques em relação à origem: $\vec{\tau}_1$ tem um módulo de 2,0 N · m e aponta no sentido positivo do eixo x; $\vec{\tau}_2$ tem um módulo de 4,0 N · m e aponta no sentido negativo do eixo y. Determine $d\vec{\ell}/dt$, em que $\vec{\ell}$ é o momento angular da partícula em relação à origem, em termos dos vetores unitários.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-36

·36 A Fig. 11-43 mostra três discos homogêneos acoplados por duas correias. Uma correia passa pelas bordas dos discos *A* e *C*; a outra passa por um cubo do disco *A* e pela borda do disco *B*. As correias se movem suavemente, sem deslizar nas bordas e no cubo. O disco *A* tem raio *R* e seu cubo tem raio 0,5000*R*; o disco *B* tem raio 0,2500*R*; o disco *C* tem raio 2,000*R*. Os discos *B* e *C* têm a mesma massa específica (massa por unidade de volume) e a mesma espessura. Qual é a razão entre o módulo do momento angular do disco *C* e o módulo do momento angular do disco *B*?

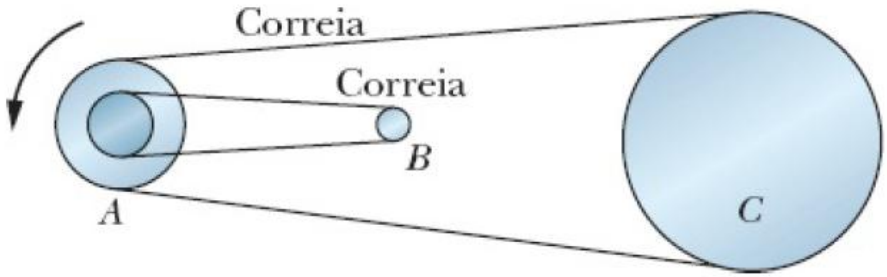


Figura 11-43 Problema 36.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-47

·47 Uma pista é montada em uma grande roda que pode girar livremente, com atrito desprezível, em torno de um eixo vertical (Fig. 11-48). Um trem de brinquedo, de massa m, é colocado na pista e, com o sistema inicialmente em repouso, a alimentação elétrica do brinquedo é ligada. O trem adquire uma velocidade de 0,15 m/s em relação à pista. Qual é a velocidade angular da roda se esta tem massa de $1{,}1m$ e raio de 0,43 m? (Trate a roda como um aro e despreze a massa dos raios e do cubo da roda.)



Figura 11-48 Problema 47.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-58

··58 Uma plataforma horizontal na forma de um disco circular gira sem atrito em torno de um eixo vertical que passa pelo centro do disco. A plataforma tem uma massa de 150 kg, um raio de 2,0 m e um momento de inércia de 300 kg · m^2 em relação ao eixo de rotação. Uma estudante de 60 kg caminha lentamente, a partir da borda da plataforma, em direção ao centro. Se a velocidade angular do sistema é 1,5 rad/s quando a estudante está na borda, qual é a velocidade angular quando ela está a 0,50 m de distância do centro?

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 11-81

81 Uma roda homogênea, de massa 10,0 kg e raio 0,400 m, está montada rigidamente em um eixo que passa pelo centro (Fig. 11-62). O raio do eixo é 0,200 m e o momento de inércia do conjunto roda-eixo em relação ao eixo é 0,600 kg · m^2. A roda está inicialmente em repouso no alto de uma rampa que faz um ângulo θ = 30,0° com a horizontal; o eixo está apoiado na rampa, enquanto a roda penetra em um sulco aberto na rampa, sem tocá-la. Depois de liberado, o eixo rola para baixo, suavemente e sem deslizamento, ao longo da rampa. Depois que o conjunto roda-eixo desce 2,00 m ao longo da rampa, (a) qual é a energia cinética de rotação e (b) qual a energia cinética de translação do conjunto?

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.