Capítulo 10

Rotação

WILEY

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

Cap. 10 – Rotação

Sentido horário
$\Delta\theta < 0$

Sentido anti-horário
$\Delta\theta > 0$

Deslocamento angular
$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

Rotação:
corpo rígido
eixo fixo de rotação

Posição angular
$\theta = \frac{s}{r}$

Velocidade angular média
$\omega_{med} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

Aceleração angular média
$\alpha_{med} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

Aceleração angular cte.
$\omega = \omega_0 + \alpha t$
$\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$
$\theta - \theta_0 = \frac{1}{2}(\omega_0 + \omega)t$
$\theta - \theta_0 = \omega t - \frac{1}{2}\alpha t$

Posição
$s = \theta r$

Velocidade ang. instantânea
$\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$

Aceleração ang. instantânea
$\alpha = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$

Período
$T = \frac{2\pi}{\omega}$

Velocidade escalar
$v = \omega\, r$

Energia cinética de rotação
$K = \frac{1}{2} I \omega^2$

Teorema trabalho-energia cinética
$\Delta K = \frac{1}{2} I \omega_f^2 - \frac{1}{2} I \omega_i^2 = W$

Trabalho
$W = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau\, d\theta$

Aceleração tangencial
$a_t = \alpha\, r$

Momento de inércia
(Inércia rotacional)
$I = \sum m_i r_i^2$
$I = \int r^2 dm$

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

Potência
$P = \frac{dW}{dt} = \tau\omega$

Aceleração radial
$a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$

Teorema dos eixos paralelos
$I = I_{com} + Mh^2$

2ª. Lei de Newton para rotação
$\tau_{res} = I\alpha$

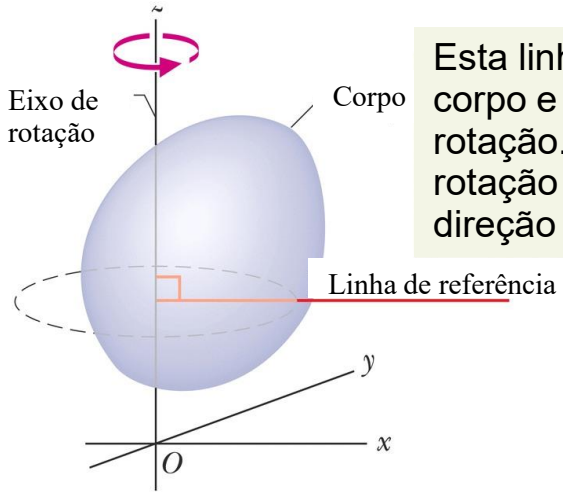
10-1 Variáveis Rotacionais

- Agora estudaremos o movimento de **rotação**
- Aplicam-se as mesmas leis
- Mas precisamos de novas variáveis para expressá-las
  - Torque
  - Inércia rotacional
- Um **corpo rígido** gira como uma unidade, conjunto
- Estudaremos a rotação em torno de um **eixo fixo**
- Estes requisitos excluem de nossa consideração, p. ex.:
  - O sol, onde camadas de gases rotacionam separadamente
  - Uma bola de boliche, na qual rotação e translação ocorrem

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

10-1 Variáveis Rotacionais

- O eixo fixo é chamado de **eixo de rotação**
- Figs. 10-2, 10-3 mostram uma *linha de referência*
- A **posição angular** desta linha (e do objeto) é tomada relativa a uma direção fixa, a **posição angular zero**

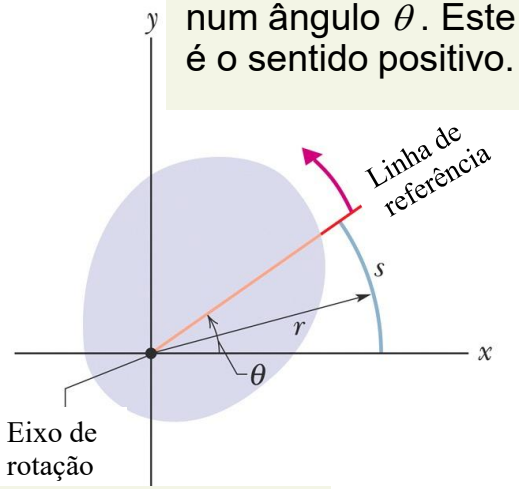


Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Esta linha de referência é parte do corpo e perpendicular ao eixo de rotação. Usamos para medir a rotação do corpo relativa a uma direção fixa.

Figura 10-2

O corpo girou no sentido *anti-horário* num ângulo θ. Este é o sentido positivo.



Este ponto significa que o eixo de rotação está apontando para você.

Figura 10-3

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

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

10-1 Variáveis Rotacionais

- Medida usando **radianos** (rad):

$$\theta = \frac{s}{r} \qquad \text{(radianos)} \qquad \textbf{Eq. (10-1)}$$

$$1\ \text{rev} = 360° = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi\ \text{rad}, \qquad \textbf{Eq. (10-2)}$$

- Não volte a zerar θ após uma rotação completa
- Sabemos tudo que se precisa de cinemática da rotação se temos a $\theta(t)$ de um objeto
- O deslocamento angular é definido como:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \qquad \textbf{Eq. (10-4)}$$

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

10-1 Variáveis Rotacionais

- "Sentido horário *é negativo*":



Um deslocamento angular no sentido anti-horário é positivo, e um no sentido horário é negativo.



Checkpoint 1

Um disco pode girar em torno do seu eixo central como num carrossel. Quais dos seguintes pares de valores para suas posições angulares inicial e final, respectivamente, produz um deslocamento angular negativo: (a) -3 rad, +5 rad, (b) -3 rad, -7 rad, (c) 7 rad, -3 rad?

Answer: Choices (b) and (c)

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

10-1 Variáveis Rotacionais

- **Velocidade angular média**: deslocamento angular num intervalo de tempo

$$\omega_{\text{med}} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}, \qquad \textbf{Eq. (10-5)}$$

- **Velocidade angular instantânea**: limite de $\Delta t \rightarrow 0$

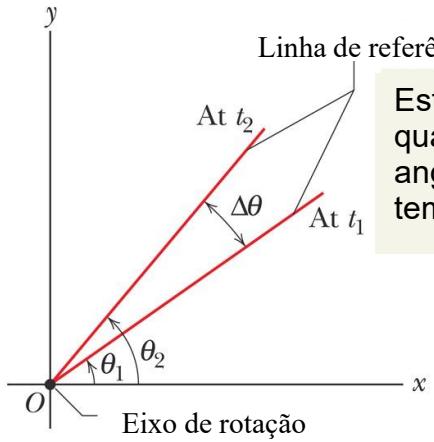
$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}. \qquad \textbf{Eq. (10-6)}$$

- Se o corpo é rígido, estas equações se aplicam a todos os pontos do corpo
- Módulo da velocidade angular = **vel. angular escalar**

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

10-1 Variáveis Rotacionais

- Figura 10-4 mostra os valores para um cálculo da velocidade angular média



Esta mudança no ângulo da linha de referência (a qual é parte do corpo) é igual ao deslocamento angular do próprio corpo durante o intervalo de tempo.

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

Figura 10-4

- **Aceleração angular média**: mudança na velocidade angular num intervalo de tempo

$$\alpha_{\text{med}} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \qquad \textbf{Eq. (10-7)}$$

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

10-1 Variáveis Rotacionais

- **Aceleração angular instantânea**: limite de $\Delta t \rightarrow 0$

$$\alpha = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}. \qquad \textbf{Eq. (10-8)}$$

- Se o corpo é rígido estas equações se aplicam a todos os pontos do corpo
- Com a regra da mão direita para determinar o sentido, a velocidade e a aceleração angulares podem ser escritas como vetores
- Se um corpo rotaciona em torno de um vetor, então o vetor aponta na direção ao longo do eixo de rotação
- Deslocamentos angulares *não* são vetores, porque a ordem das rotações em torno de eixos diferentes importa

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

10-2 Rotação com Aceleração Angular Constante

- Funcionam as mesmas equações que para a *aceleração linear constante*, veja a Tabela 10-1
- Simplesmente mudamos as quantidades lineares pelas angulares
- Eqs. 10-12 e 10-13 são as equações básicas: todas as outras podem ser derivadas a partir delas

Tabela 10-1 **Equações de Movimento para Aceleração Linear Constante e para Aceleração Angular Constante**

Equação número	Equação linear	Variável ausente		Equação angular	Equação número
(2-11)	$v = v_0 + at$	$x - x_0$	$\theta - \theta_0$	$\omega = \omega_0 + \alpha t$	(10-12)
(2-15)	$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	v	ω	$\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	(10-13)
(2-16)	$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	t	t	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$	(10-14)
(2-17)	$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	a	α	$\theta - \theta_0 = \frac{1}{2}(\omega_0 + \omega)t$	(10-15)
(2-18)	$x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2$	v_0	ω_0	$\theta - \theta_0 = \omega t - \frac{1}{2}\alpha t^2$	(10-16)

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

Table 10-1

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

10-2 Rotação com Aceleração Angular Constante

Checkpoint 2

Em quatro situações, um corpo girando tem uma posição angular $\theta(t)$ dada por (a) $\theta = 3t - 4$ (b) $\theta = -5t^3+4t^2+6$, (c) $\theta = 2/t^2 - 4/t$, e (d) $\theta = 5t^2 - 3$. Para quais situações as equações angulares da Tabela 10-1 se aplicam?

Answer: Situations (a) and (d); the others do not have constant angular acceleration

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

10-3 Relacionando as Variáveis Lineares e Angulares

- As variáveis lineares e angulares são relacionadas por *r*, distância perpendicular ao eixo de rotação
- Posição (note que θ tem que ser em *radianos*):

$$s = \theta r \qquad \textbf{Eq. (10-17)}$$

- Vel. escalar (note que ω tem que ter *radiano* como parte de sua unidade):

$$v = \omega r \qquad \textbf{Eq. (10-18)}$$

- Podemos expressar o período como:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad \textbf{Eq. (10-20)}$$

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

10-3 Relacionando as Variáveis Lineares e Angulares

- Aceleração tangencial (α em rad/s^2):

$$a_t = \alpha r$$

Eq. (10-22)

- Podemos escrever a aceleração radial (centrípeta) em termos da veloc. angular:

$$a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

Eq. (10-23)

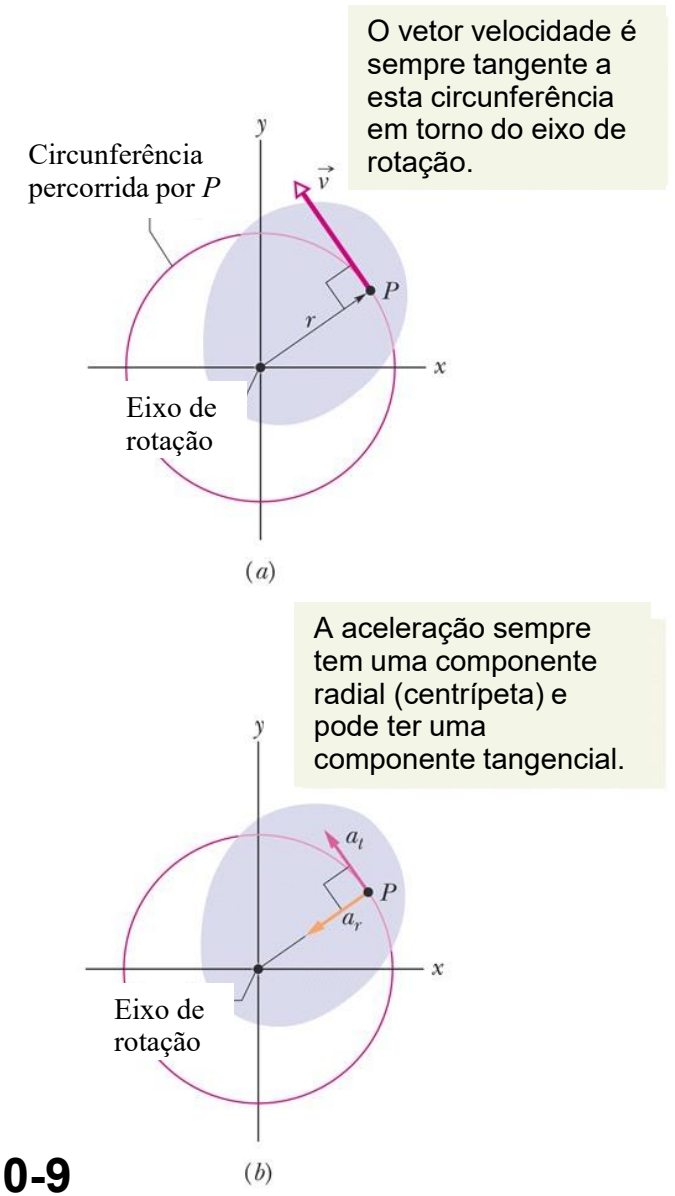


Figura 10-9

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

10-3 Relacionando as Variáveis Lineares e Angulares

Checkpoint 3

Uma barata está sobre a borda de um carrossel. Se a velocidade angular escalar deste sistema (carrossel + barata) é constante, a barata possui (a) aceleração radial e (b) aceleração tangencial? Se ω é decrescente, a barata possui (c) aceleração radial e (d) aceleração tangencial?

Answer: (a) yes (b) no (c) yes (d) yes

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

10-4 Energia Cinética de Rotação

- Aplicar a fórmula da energia cinética para partícula pontual e somar sobre todas as partículas $K = \Sigma \frac{1}{2} m_i v_i^2$
- Velocidades lineares diferentes (mesma velocidade angular para todas as partículas mas raios diferentes)
- Escrever então a veloc. em termos da veloc. angular:

$$K = \sum \frac{1}{2} m_i (\omega r_i)^2 = \frac{1}{2} \left(\sum m_i r_i^2 \right) \omega^2, \qquad \text{Eq. (10-32)}$$

  Podemos chamar a quantidade entre parênteses do lado direito de **inércia rotacional**, ou **momento de inércia**, *I*
- Isto é uma constante para um objeto rígido e um eixo rotacional
- Cuidado: o eixo para *I* deve sempre ser especificado

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

10-4 Energia Cinética de Rotação

- Podemos escrever:

$$I = \sum m_i r_i^2 \quad \text{(inércia rotacional)} \qquad \textbf{Eq. (10-33)}$$

- E reescrever a energia cinética como:

$$K = \tfrac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{(ângulo em radianos)} \qquad \textbf{Eq. (10-34)}$$

- Use estas equações para um conjunto finito de partículas girando
- Inércia rotacional corresponde a quão difícil é alterar o estado de rotação (acelerar, desacelerar ou mudar o eixo de rotação)

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

10-4 Energia Cinética de Rotação

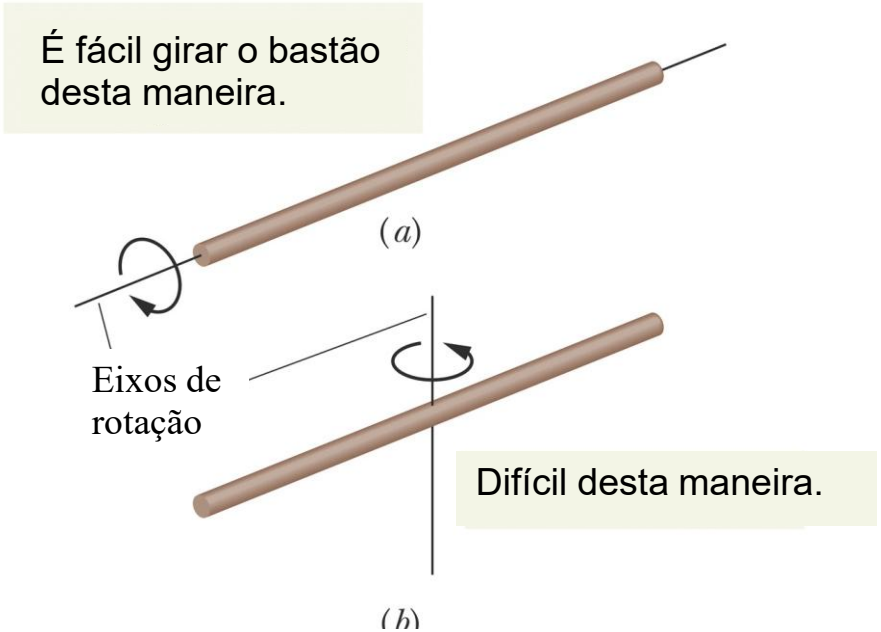
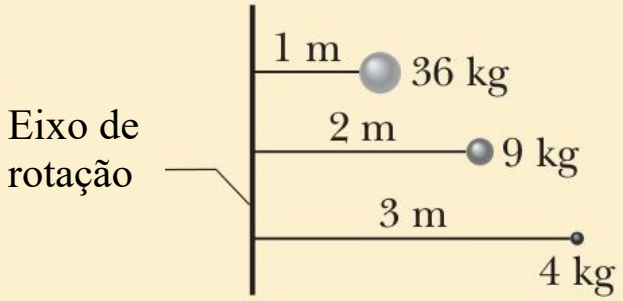


Figura 10-11

Checkpoint 4

A figura mostra três pequenas esferas que giram em torno de um eixo vertical. A distância perpendicular entre o eixo e o centro de cada esfera é dada. Ordene as três esferas de acordo com suas inércias rotacionais em torno daquele eixo, a maior primeiro.



Answer: They are all equal!

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

10-5 Calculando a Inércia Rotacional

- Integrando a Eq. 10-33 para um corpo contínuo:

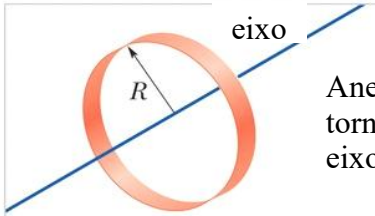
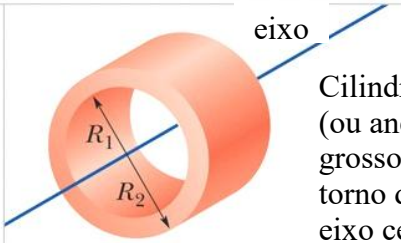
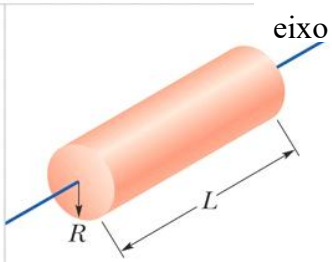
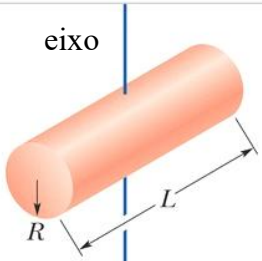
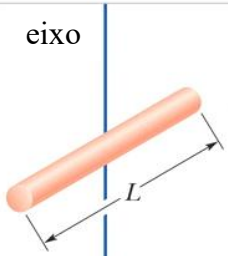
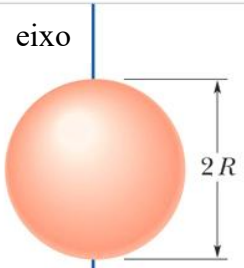
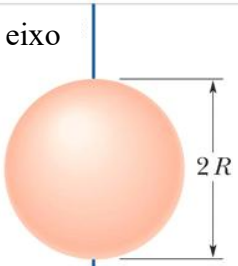
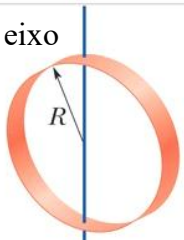
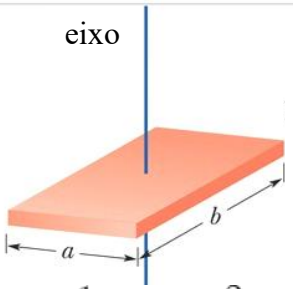
$$I = \int r^2 \, dm \quad \text{(inércia rotacional, corpo contínuo).} \qquad \textbf{Eq. (10-35)}$$

- A princípio podemos sempre usar esta equação
- Mas existe um conjunto comum de formas para as quais estes valores já foram calculados (Tabela 10-2) para eixos comuns

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

10-5 Calculando a Inércia Rotacional

Tabela 10-2 **Alguns momentos de inércia**

 Anel fino em torno de um eixo central $I = MR^2$ (a)	 Cilindro oco (ou anel grosso) em torno de um eixo central $I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$ (b)	 Cilindro sólido (ou disco) em torno de um eixo central $I = \frac{1}{2}MR^2$ (c)
 Cilindro sólido (ou disco) em torno do diâmetro central $I = \frac{1}{4}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2$ (d)	 Barra fina em torno de um eixo central perpendicular à maior dimensão $I = \frac{1}{12}ML^2$ (e)	 Esfera maciça em torno do diâmetro $I = \frac{2}{5}MR^2$ (f)
 Casca esférica em torno do diâmetro $I = \frac{2}{3}MR^2$ (g)	 Anel fino em torno de um diâmetro $I = \frac{1}{2}MR^2$ (h)	 Placa fina em torno de um eixo perpendicular passando pelo centro $I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$ (i)

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

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

10-5 Calculando a Inércia Rotacional

- Se soubermos o momento de inércia para o eixo do centro de massa, podemos encontrar o momento de inércia para um eixo paralelo com o **teorema do eixo paralelo**:

$$I = I_{\text{com}} + Mh^2 \qquad \textbf{Eq. (10-36)}$$

Precisamos relacionar a inércia rotacional em torno do eixo em *P* àquela em torno do eixo no centro de massa (com).

- Note que o eixo *tem que ser* paralelo, e o primeiro *tem que* passar pelo centro de massa
- Isto *não* relaciona o momento de inércia para dois eixos arbitrários

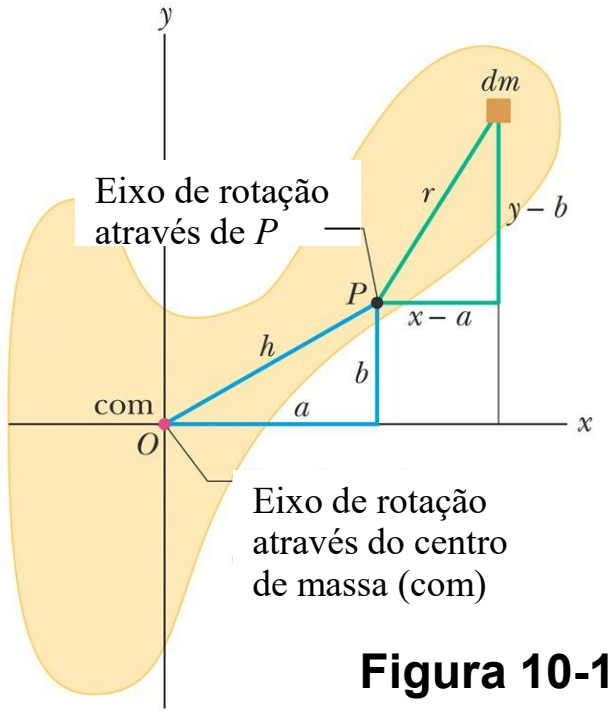


Figura 10-12

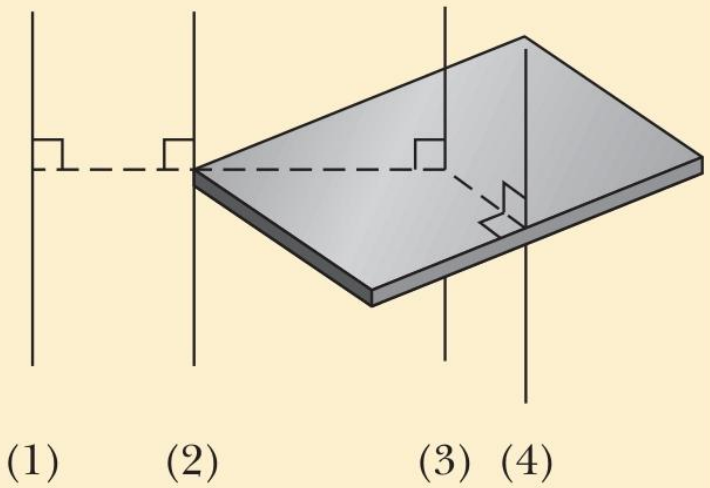
Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

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

10-5 Calculando a Inércia Rotacional

Checkpoint 5

A figura mostra um objeto na forma de um livro (um lado é maior que o outro) e quatro escolhas de eixos de rotação, todos perpendiculares à face do objeto. Ordene as escolhas de acordo com a inércia rotacional do objeto em torno do eixo, a maior primeiro.



Answer: (1), (2), (4), (3)

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

10-5 Calculando a Inércia Rotacional

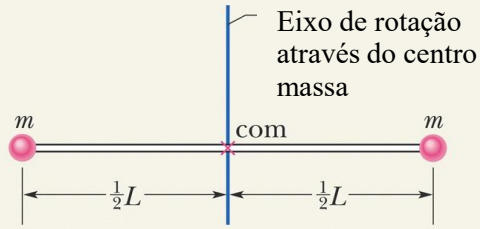
Exemplo Calcular o momento de inércia para Fig. 10-13 (b)

- Soma por partícula:

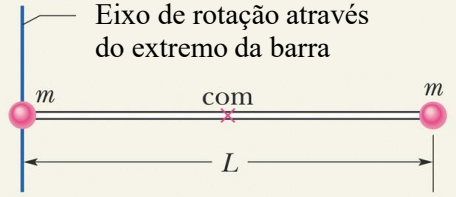
$$I = m(0)^2 + mL^2 = mL^2.$$

- Uso do teorema dos eixos paralelos:

$$I = I_{\text{com}} + Mh^2 = \tfrac{1}{2}mL^2 + (2m)(\tfrac{1}{2}L)^2 = mL^2.$$



(a) Aqui o eixo de rotação através do centro de massa



(b) Aqui ele foi deslocado do centro de massa sem alteração na orientação. Podemos usar o teorema dos eixos paralelos.

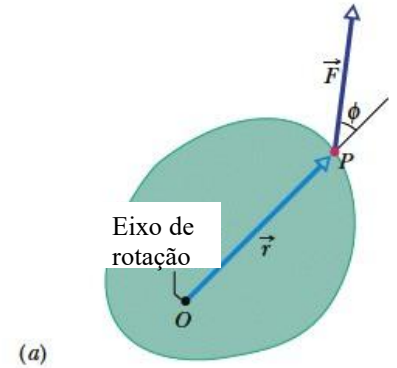
Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Figura 10-13

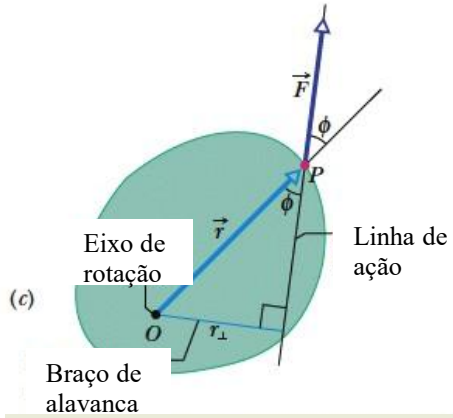
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

10-6 Torque

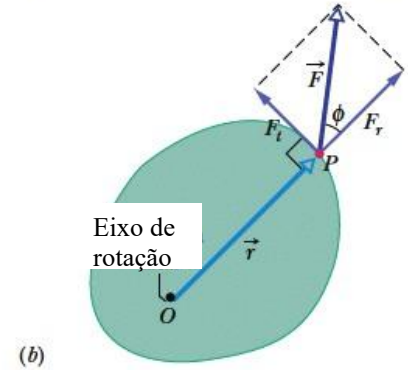
- A força necessária para rotacionar um objeto depende do ângulo da força e onde é aplicada
- Podemos resolver a força em componentes para ver como afeta a rotação



O torque devido a esta força causa a rotação em torno deste eixo (que aponta na sua direção)



Pode-se calcular o mesmo torque usando esta distância do braço de alavanca e o módulo total da força.



Mas na verdade apenas a componente *tangencial* da força causa a rotação.

Figura 10-16

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

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

10-6 Torque

- **Torque** leva estes fatores em consideração:

$$\tau = (r)(F \sin \phi).$$ **Eq. (10-39)**

- Uma linha estendida a partir da força aplicada é chamada de **linha de ação** da força
- A distância perpendicular da linha de ação ao eixo é chamada de **braço de alavanca**
- A unidade do torque é o newton-metro, N m
- Note que 1 J = 1 N m, mas torques nunca são expressos em joules, torque não é energia

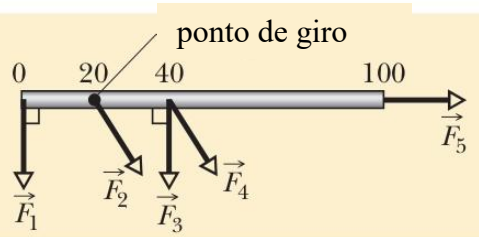
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

10-6 Torque

- Novamente, torque é positivo se causaria uma rotação anti-horária, caso contrário é negativo
- Para diversos torques, o **torque resultante** ou **torque líquido** é a soma de torques individuais

Checkpoint 6

A figura mostra uma vista de cima de uma régua que pode girar em torno do ponto marcado 20 (para 20 cm). Todas as cinco forças na régua são horizontais e tem o mesmo módulo. Ordene as forças de acordo com o módulo do torque que produzem, o maior primeiro.



Answer: F_1 & F_3, F_4, F_2 & F_5

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

10-7 Segunda Lei de Newton para a Rotação

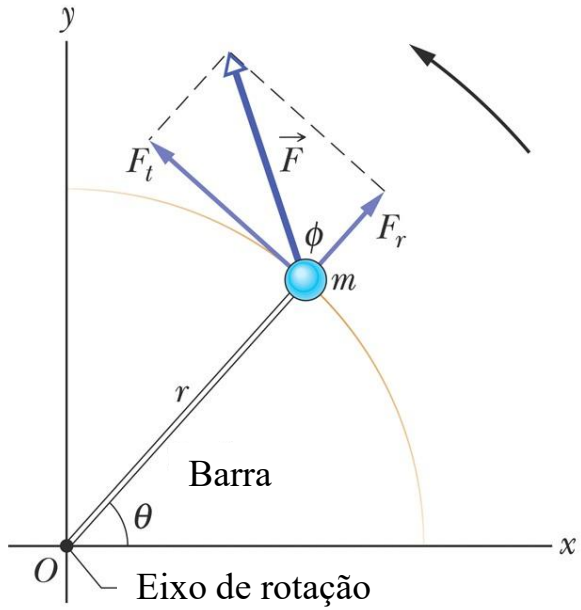
- Reescrevendo *F* = *ma* com variáveis rotacionais:

$$\tau_{\text{net}} = I\alpha$$

Eq. (10-42)

- É o torque que causa a aceleração angular rotacional

O torque devido à componente tangencial da força causa uma aceleração angular em torno do eixo de rotação.



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

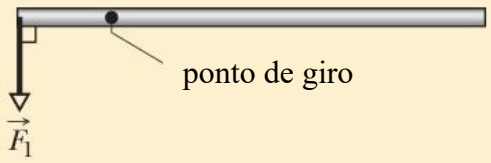
Figura 10-17

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

10-7 Segunda Lei de Newton para a Rotação

Checkpoint 7

A figura mostra uma vista de cima de uma régua que pode girar em torno do ponto indicado, que está a esquerda do centro da régua. Duas forças, $\boldsymbol{F_1}$ e $\boldsymbol{F_2}$, são aplicadas na régua. Apenas $\boldsymbol{F_1}$ é mostrada. A força $\boldsymbol{F_2}$ é perpendicular à régua e é aplicada na extremidade direita dela. Se a régua não gira, (a) qual deve ser a direção e sentido de $\boldsymbol{F_2}$, e (b) $\boldsymbol{F_2}$ deve ser maior, menor ou igual à $\boldsymbol{F_1}$?



Answer: (a) F_2 should point downward, and

(b) should have a smaller magnitude than F_1

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

10-8 Trabalho e Energia Cinética Rotacional

- O teorema rotacional do trabalho-energia cinética diz:

$$\Delta K = K_f - K_i = \tfrac{1}{2} I\omega_f^2 - \tfrac{1}{2} I\omega_i^2 = W \qquad \textbf{Eq. (10-52)}$$

- O trabalho realizado numa rotação em torno de um eixo fixo pode ser calculado por:

$$W = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau \, d\theta \qquad \textbf{Eq. (10-53)}$$

- A qual, para um torque constante, se reduz a:

$$W = \tau(\theta_f - \theta_i) \qquad \textbf{Eq. (10-54)}$$

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

10-8 Trabalho e Energia Cinética Rotacional

- Podemos relacionar trabalho à potência pela equação:

$$P = \frac{dW}{dt} = \tau\omega \qquad \textbf{Eq. (10-55)}$$

- Tabela 10-3 mostra quantidades correspondentes para movimento linear e rotacional:

Tabela 10-3 **Algumas relações correspondentes para movimento translacional e rotacional**

Translação Pura (Direção Fixa)		Rotação Pura (Eixo Fixo)	
Posição	x	Posição angular	θ
Velocidade	$v = dx/dt$	Velocidade angular	$\omega = d\theta/dt$
Aceleração	$a = dv/dt$	Aceleração angular	$\alpha = d\omega/dt$
Massa	m	Momento de inércia	I
Segunda lei de Newton	$F_{\text{net}} = ma$	Segunda lei de Newton	$\tau_{\text{net}} = I\alpha$
Trabalho	$W = \int F\,dx$	Trabalho	$W = \int \tau\,d\theta$
Energia cinética	$K = \frac{1}{2}mv^2$	Energia cinética	$K = \frac{1}{2}I\omega^2$
Potência (força constante)	$P = Fv$	Potência (torque constante)	$P = \tau\omega$
Teorema trabalho-en. cinética	$W = \Delta K$	Teorema trabalho-en. cinética	$W = \Delta K$

Tab. 10-3

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

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

10 Sumário

Posição Angular

- Medida em torno de um **eixo de rotação**, relativo a uma **linha de referência:**

$$\theta = \frac{s}{r} \qquad \textbf{Eq. (10-1)}$$

Deslocamento Angular

- Mudança na posição angular

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1. \qquad \textbf{Eq. (10-4)}$$

Velocidade Angular e Veloc. Angular Escalar

- Valores médios e instantâneos:

$$\omega_{\text{avg}} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}, \qquad \textbf{Eq. (10-5)}$$

$$\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}. \qquad \textbf{Eq. (10-6)}$$

Aceleração Angular

- Valores médios e instantâneos:

$$\alpha_{\text{avg}} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \qquad \textbf{Eq. (10-7)}$$

$$\alpha = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}. \qquad \textbf{Eq. (10-8)}$$

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

10 Sumário

Equações Cinemáticas

- Dadas na Tabela 10-1 para aceleração constante
- Similar ao caso linear

Variáveis Lineares e Angulares Relacionadas

- Deslocamento linear e angular, velocidade, e aceleração são relacionadas por *r*

Energia Cinética Rotacional e Inércia Rotacional

$$K = \tfrac{1}{2} I\omega^2 \qquad \textbf{Eq. (10-34)}$$

$$I = \sum m_i r_i^2 \qquad \textbf{Eq. (10-33)}$$

Teorema dos Eixos Paralelos

- Relaciona momento de inércia em torno de qualquer eixo paralelo ao valor em torno do centro de massa

$$I = I_{\text{com}} + Mh^2 \qquad \textbf{Eq. (10-36)}$$

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

10 Sumário

Torque

- Força aplicada a distância de um eixo:

$$\tau = (r)(F \sin \phi). \quad \textbf{Eq. (10-39)}$$

- Braço de alavanca: distância perpendicular ao eixo de rotação

Segunda Lei de Newton na Forma Angular

$$\tau_{\text{net}} = I\alpha \quad \textbf{Eq. (10-42)}$$

Trabalho e Energia Cinética Rotacional

$$W = \int_{\theta_i}^{\theta_f} \tau \, d\theta \quad \textbf{Eq. (10-53)}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \tau\omega \quad \textbf{Eq. (10-55)}$$

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

10 Problemas

Halliday 9ª. Edição

Cap. 10:

Problemas 7; 12; 22; 28; 39; 48; 54; 59; 82; 98

Ou

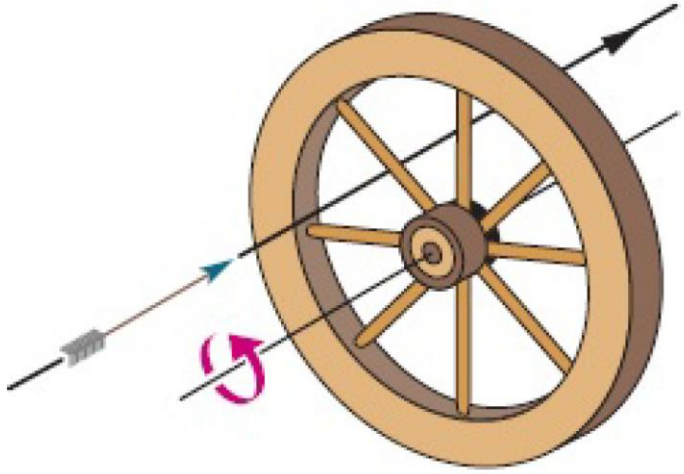
Halliday 10ª. Edição

Cap. 10:
Problemas 7; 12; 22; 28; 39; 48; 54; 59; 82; 98

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

Problema 10-7

A roda da Fig. 10-30 tem oito raios de 30 cm igualmente espaçados, está montada em um eixo fixo e gira a 2,5 rev/s. Você deseja atirar uma flecha de 20 cm de comprimento paralelamente ao eixo da roda sem atingir um dos raios. Suponha que a flecha e os raios são muito finos. (a) Qual é a menor velocidade que a flecha deve ter? (b) O ponto entre o eixo e a borda da roda por onde a flecha passa faz alguma diferença? Caso a resposta seja afirmativa, para que ponto você deve mirar?



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

Problema 10-12

A velocidade angular do motor de um automóvel é aumentada a uma taxa constante de 1200 rev/min para 3000 rev/min em 12 s. (a) Qual é a aceleração angular em revoluções por minuto ao quadrado? (b) Quantas revoluções o motor executa nesse intervalo de 12 s?

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

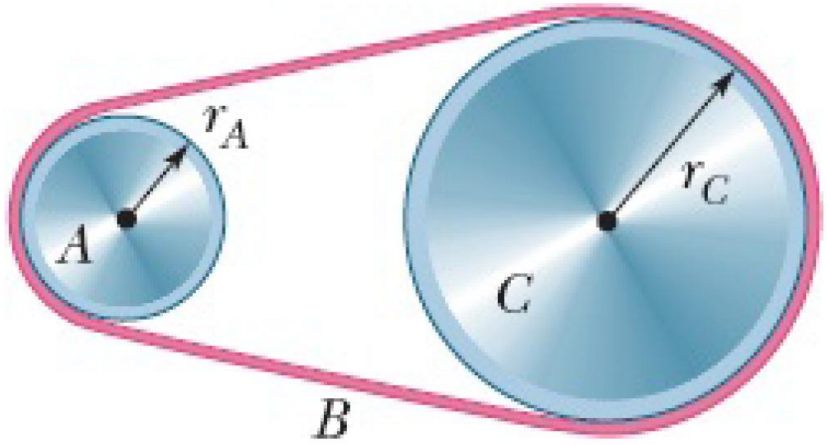
Problema 10-22

Um astronauta está sendo testado em uma centrífuga com 10 m de raio que gira de acordo com a equação $\theta = 0{,}30t^2$, em que t está em segundos e θ em radianos. No instante $t = 5{,}0$ s, qual é o módulo (a) da velocidade angular, (b) da velocidade linear, (c) da aceleração tangencial e (d) da aceleração radial do astronauta?

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

Problema 10-28

Na Fig. 10-31, uma roda *A* de raio r_A = 10 cm está acoplada por uma correia *B* a uma roda *C* de raio r_C = 25 cm. A velocidade angular da roda *A* é aumentada a partir do repouso a uma taxa constante de 1,6 rad/s^2. Determine o tempo necessário para que a roda *C* atinja uma velocidade angular de 100 rev/min, supondo que a correia não desliza. (*Sugestão*: Se a correia não desliza, as bordas dos dois discos têm a mesma velocidade linear.)



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

Problema 10-39

Alguns caminhões utilizam a energia armazenada em um volante que um motor elétrico acelera até uma velocidade de 200π rad/s. Suponha que um desses volantes é um cilindro homogêneo com massa de 500 kg e raio de 1,0 m. (a) Qual é a energia cinética do volante quando está girando à velocidade máxima? (b) Se o caminhão desenvolve uma potência média de 8,0 kW, por quantos minutos ele pode operar sem que o volante seja novamente acelerado?

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

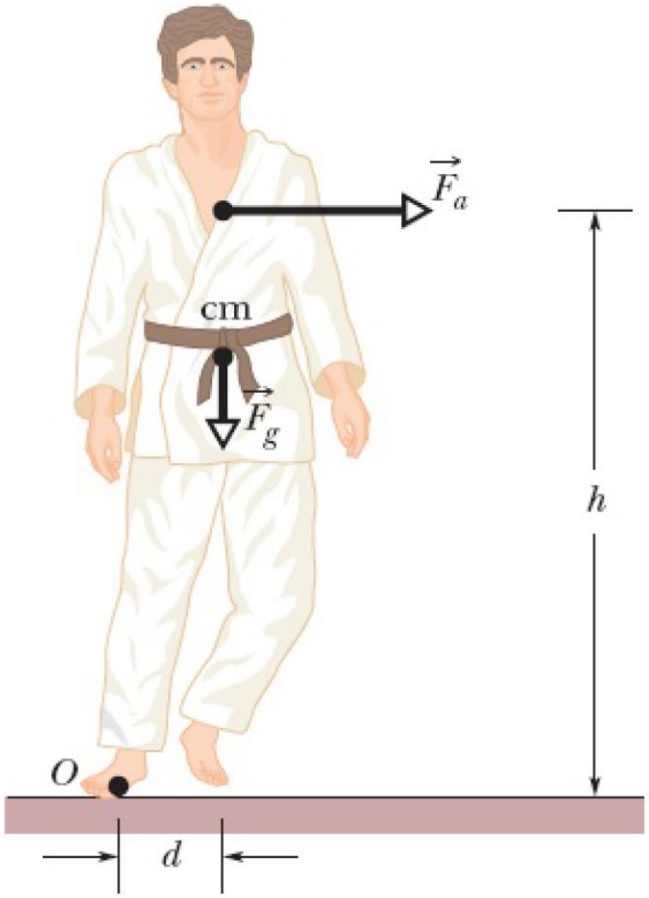
Problema 10-48

O comprimento do braço do pedal de uma bicicleta é 0,152 m, e uma força de 111 N é aplicada ao pedal pelo ciclista. Qual é o módulo do torque em relação ao eixo do braço do pedal quando o braço faz um ângulo de (a) 30º, (b) 90º e (c) 180º com a vertical?

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

Problema 10-54

Em uma rasteira do judô, você tira o apoio do pé esquerdo do adversário e, ao mesmo tempo, puxa o quimono dele para o mesmo lado. Em consequência, o lutador gira em torno do pé direito e cai no tatame. A Fig. 10-44 mostra um diagrama simplificado do lutador, já com o pé esquerdo fora do chão. O eixo de rotação passa pelo ponto *O*. A força gravitacional $\mathbf{F}_g$ age sobre o centro de massa do lutador, que está a uma distância horizontal d = 28 cm do ponto *O*. A massa do lutador é de 70 kg, e o momento de inércia em relação ao ponto *O* é 65 kg · m^2. Qual é o módulo da aceleração angular inicial do lutador em relação ao ponto *O* se o puxão $\mathbf{F}_a$ que você aplica ao quimono (a) é desprezível e (b) é horizontal, com um módulo de 300 N e aplicado a uma altura h = 1,4 m?



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

Problema 10-59

O virabrequim de um automóvel transfere energia do motor para o eixo a uma taxa de 100 hp (= 74,6 kW) quando gira a 1800 rev/min. Qual é o torque (em newtons-metros) exercido pelo virabrequim?

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

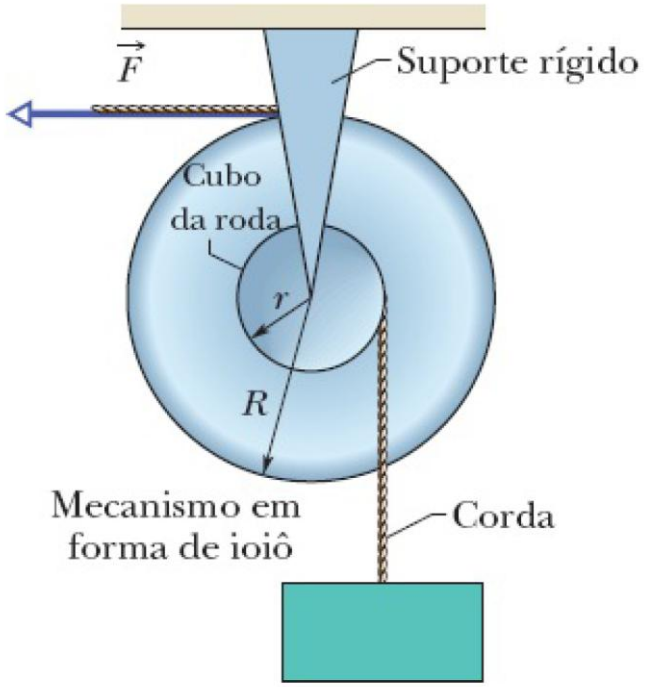
Problema 10-82

George Washington Gale Ferris, Jr., um engenheiro civil formado pelo Instituto Politécnico Rensselaer, construiu a primeira roda-gigante para a Exposição Mundial Colombiana de 1893, em Chicago. A roda, uma impressionante obra da engenharia para a época, movimentava 36 cabinas de madeira, cada uma com capacidade para 60 passageiros, ao longo de uma circunferência com 76 m de diâmetro. As cabinas eram carregadas 6 de cada vez; quando as 36 cabinas estavam ocupadas, a roda executava uma revolução completa, com velocidade angular constante, em cerca de 2 min. Estime o trabalho que a máquina precisava realizar apenas para mover os passageiros.

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

Problema 10-98

Um mecanismo em forma de ioiô, montado em um eixo horizontal sem atrito, é usado para levantar uma caixa de 30 kg, como mostra a Fig. 10-59. O raio externo *R* da roda é 0,50 m e o raio *r* do cubo da roda é 0,20 m. Quando uma força horizontal **F** constante de módulo 140 N é aplicada a uma corda enrolada na roda, a caixa, que está pendurada em uma corda enrolada no cubo, tem uma aceleração para cima de módulo 0,80 m/s^2. Qual é o momento de inércia do mecanismo em relação ao eixo de rotação?



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