Capítulo 5

Força e Movimento–I

WILEY

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

Cap. 5 – Força e movimento - I

Mecânica Newtoniana

Força (vetor) → aceleração

1ª. Lei de Newton
(Lei da inércia)

$$F_R = 0 \Rightarrow v = constante$$

2ª. Lei de Newton

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Atrito
ao longo da superfície
sempre se opõe ao movimento

Peso

$$\vec{P} = m\vec{g}$$
$$g = 9,81\ m/s^2$$

Normal
força contato
perpendicular à superfície de contato

Tensão
mesma corda = mesma tensão

3ª. Lei de Newton
ação e reação (corpos diferentes)



5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Uma **força**:
  - É um “empurrão or puxão” atuando em um objeto
  - Causa aceleração
- Nos concentraremos nas três leis de movimento de Newton:
  - **Mecânica Newtoniana** é válida para as situações do cotidiano
  - Não é válida para velocidades comparáveis à velocidade da luz
  - Não é válida para estruturas na escala atômica
  - É vista como uma aproximação para a Relatividade Geral

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Antes da Mecânica Newtoniana:
  - Pensava-se que alguma influência (força) seria necessária para manter um corpo em movimento
  - O “estado natural” dos objetos era o repouso
- E isto parece mesmo razoavelmente intuitivo (devido ao atrito)
- Mas imagine uma **superfície sem atrito**
  - Não freia o objeto
  - O objeto continhará em movimento para sempre e com velocidade constante
  - O atrito é uma força!

Primeira Lei de Newton: Se nenhuma força age sobre um corpo, a velocidade deste corpo não se altera, isto é, o corpo não está acelerado.

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Características das forças:
  - Unidade: N, o newton; 1 N = 1 kg m/s^2
  - Aceleração de uma massa é proporcional à força exercida
  - Forças são vetores
- **Força resultante** é o *vetor soma* de todas as forças sobre um objeto
- **Princípio de superposição de forças**:
  - Uma força resultante tem o mesmo impacto que uma força única com iguais módulo, direção e sentido. Então podemos afirmar que:

Primeira Lei de Newton: Se nenhuma força resultante age em um corpo ($\mathbf{F}_r$=0), a velocidade deste corpo não se altera, isto é, o corpo não está acelerado.

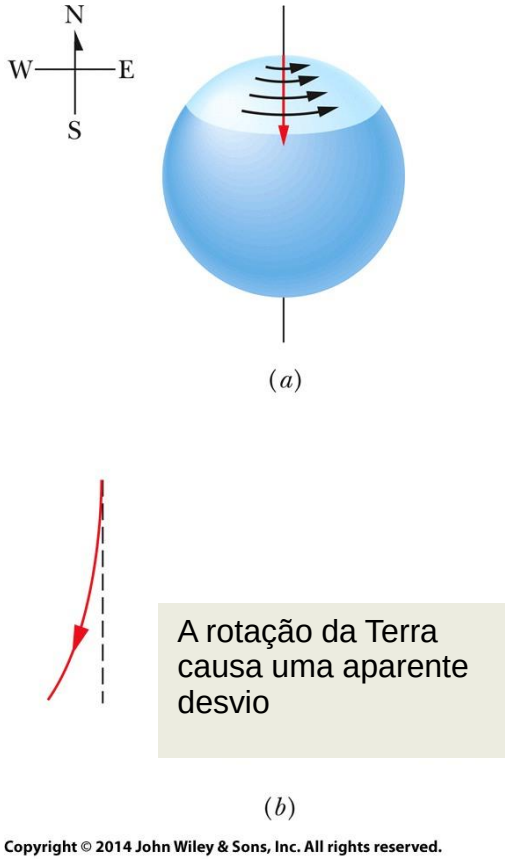
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- A 1a. Lei de Newton não vale para todos os referenciais

Um referencial inercial é aquele no qual as leis de Newton são válidas.

- **Referenciais Inerciais**:
  - (a): um disco que escorrega a partir do polo norte, visto do espaço
  - (b): a mesma situação, vista a partir do solo
  - Para *longas* distâncias percorridas, o solo é um **referencial não-inercial**
  - Em (b), uma força fictícia é necessária para explicar o desvio



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

Figura 5-2

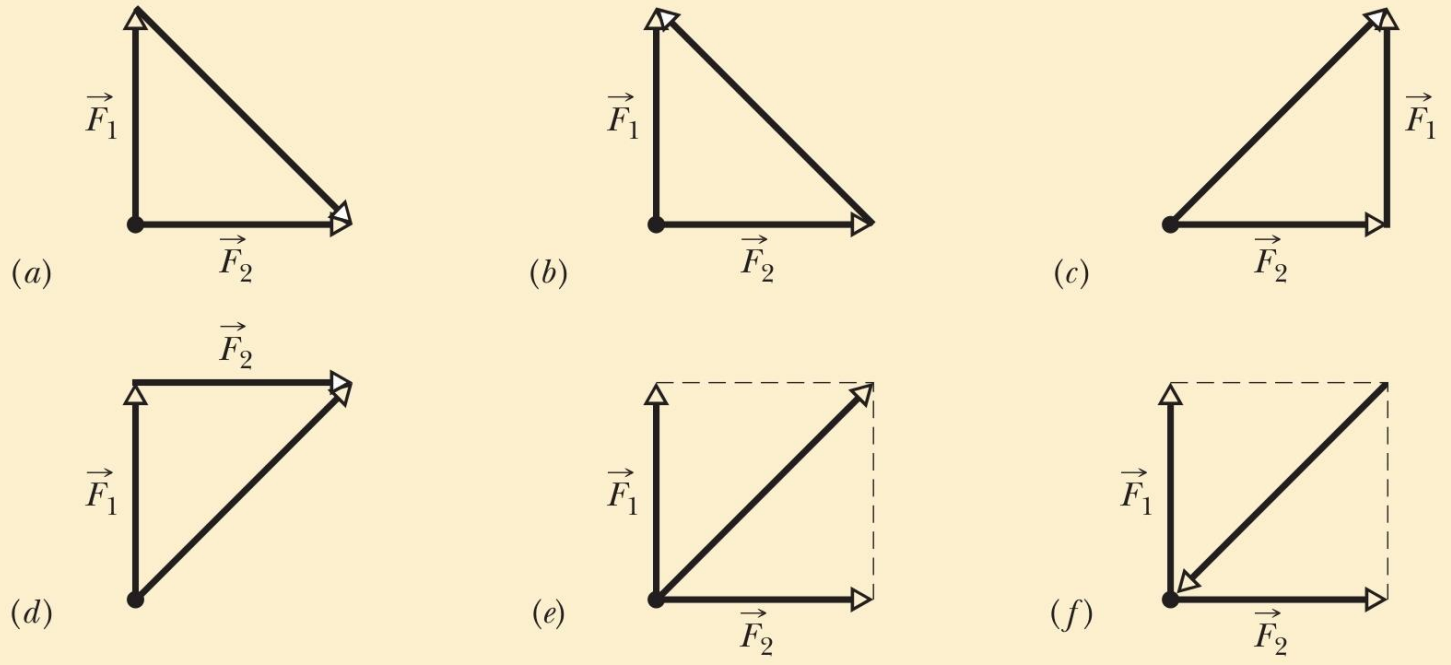
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Genericamente, assuma que o solo é um referencial inercial

Checkpoint 1

Quais dos seis arranjos das figuras mostram corretamente o vetor soma das forças $\mathbf{F_1}$ e $\mathbf{F_2}$ para resultar num terceiro vetor, o qual representa a força resultante $\mathbf{F_r}$?



Resposta: (c), (d), (e)

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- O que é massa?
  - ***"a massa de um corpo é a característica que relaciona a força sobre o corpo com a aceleração resultante"***
  - Massa é uma medida da resistência do corpo a uma mudança em seu movimento (mudança na velocidade)
  - *Não* é a mesma coisa que peso, densidade, tamanho etc.
  - Massa é inversamente proporcional à aceleração

Exemplo Aplica-se uma força de 8,0 N a diversos corpos:

- Massa: 1kg → aceleração: 8 m/s^2
- Massa: 2kg → aceleração: 4 m/s^2
- Massa: 0,5kg → aceleração: 16 m/s^2
- Aceleração: 2 m/s^2 → massa: 4 kg

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Sumarizando estes comportamentos:

Segunda Lei de Newton: A força resultante em um corpo é igual ao produto da massa do corpo por sua aceleração.

- Na forma de uma equação escrevemos:

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a} \qquad \textbf{Eq. (5-1)}$$

- Identifique o corpo em questão e inclua *apenas* as forças atuantes neste corpo!
- Separe os eixos do problema (são independentes):

$$F_{res,x} = ma_x \qquad F_{res,y} = ma_y \qquad F_{res,z} = ma_z \qquad \textbf{Eq. (5-2)}$$

A componente da aceleração ao longo de um dado eixo é causada apenas pela soma de componentes de forças ao longo do mesmo eixo e não por componentes de forças ao longo de quaisquer outros eixos.

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Se a força resultante em um corpo é zero:
  - Sua aceleração é zero
  - As forças e o corpo estão em *equilíbrio*
  - *Mas* ainda existem forças!
- Unidades de força:

Table 5-1 Units in Newton's Second Law (Eqs. 5-1 and 5-2)

System	Force	Mass	Acceleration
SI	newton (N)	kilogram (kg)	m/s^2
CGS[a]	dyne	gram (g)	cm/s^2
British[b]	pound (lb)	slug	ft/s^2

[a] $1\ \text{dyne} = 1\ \text{g} \cdot \text{cm/s}^2$.

[b] $1\ \text{lb} = 1\ \text{slug} \cdot \text{ft/s}^2$.

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

Tab. (5-1)

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

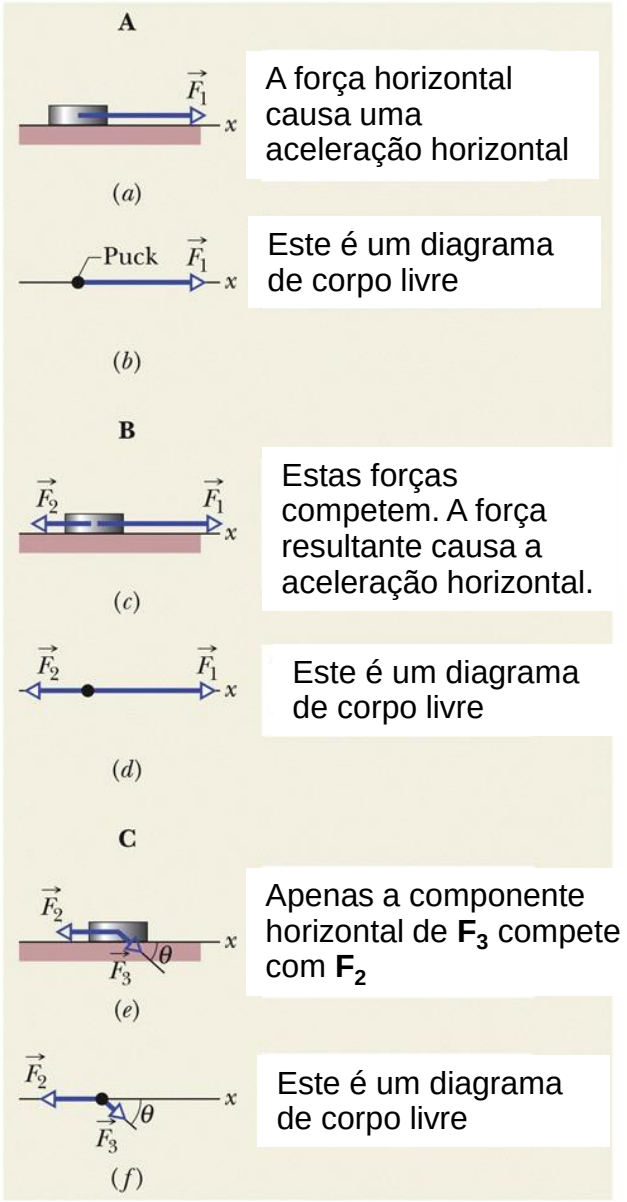
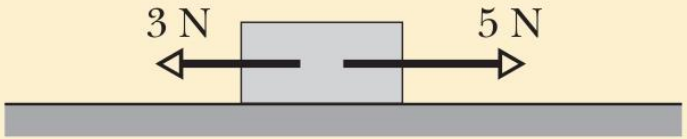


Figura 5-3

- Para resolver problemas com forças, desenhamos o **diagrama do corpo livre**
- O único corpo mostrado é aquele que desejamos resolver
- Forças são desenhadas como vetores a partir do corpo
- O sistema de coordenadas é mostrado
- Aceleração NUNCA é parte do diagrama do corpo livre – apenas as forças estão representadas.

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

Checkpoint 2



A figura ao lado mostra duas forças horizontais atuando em um bloco num piso sem atrito. Se uma terceira força horizontal $\mathbf{F_3}$ também atua sobre o bloco, qual é a magnitude e direção de $\mathbf{F_3}$ também quando o bloco (a) está parado e (b) se movendo para a esquerda com uma velocidade constante de 5 m/s?

Answer: F_3 = 2 N to the left in *both* cases

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

5-1 Primeira e Segunda Leis de Newton

- Um **sistema** consiste de um ou mais corpos
- Qualquer força atuando nos corpos de um sistema exercida por corpos fora do sistema é uma **força externa**
- Força resultante num sistema é soma das forças externas
- Forças entre os corpos pertencentes ao sistema são as **forças internas**
  - Não incluídas num diagrama de corpo livre de um sistema, uma vez que as forças internas não causam aceleração no sistema

Nota: não confunda o diagrama do corpo livre de um sistema com o diagrama do corpo livre dos corpos individuais do sistema.

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

5-2 Algumas forças particulares

- A **Força gravitacional**:
  - Puxão que atua num corpo e direcionado a um segundo corpo
  - Geralemente consideramos situações em que o segundo corpo é a Terra
- Em queda livre (direção y, sem atrito com o ar):

$$-F_g = m(-g)$$

$$F_g = mg. \qquad \textbf{Eq. (5-8)}$$

- Esta força ainda atua no corpo em repouso!
- Podemos escrever na forma de um vetor:

$$\vec{F}_g = -F_g\hat{\mathrm{j}} = -mg\hat{\mathrm{j}} = m\vec{g}, \qquad \textbf{Eq. (5-9)}$$

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

5-2 Algumas forças particulares

Peso:

- O nome dado à força gravitacional que um corpo (como a Terra) exerce em um objeto
  - É uma força medida em newtons (N)
  - É direcionada para baixo e para o centro

$$P = F_g \qquad \textbf{Eq. (5-12)}$$

O peso *P* de um corpo é igual ao módulo F_g da força gravitacional em um corpo.

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

Exemplo Para relacionar o peso com a massa, considere uma maçã em queda livre. A única força na maçã é a força gravitacional, o que resulta em uma aceleração de g. Aplicando a 2a. Lei

$$F_r = ma \quad \text{onde } F_r = F_g = P \quad \text{e} \quad a = g$$

$$F_g = P = mg$$

Então,

$$P = mg \quad \text{(relação massa-peso)}$$

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

5-2 Algumas forças particulares

- Medindo o peso:
  - Usa-se uma balança para comparar um corpo com outras massas conhecidas, encontra-se sua massa e calcula-se seu peso
  - Usa-se uma balança de mola, a qual mede o peso numa escala calibrada
  - Peso não é a mesma coisa que massa: uma balança de pratos medirá a mesma coisa para valores diferentes de *g*, uma balança de mola medirá valores diferentes para diferentes *g*
- Peso só pode ser medido quando o corpo não está acelerado verticalmente
  - P. ex., em um banheiro ou num trem
  - Mas não em um elevador se movendo aceleradamente

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

5-2 Algumas forças particulares

- **Força normal**:
  - Se você está sobre uma superfície, o empurrão contrário em você pela superfície (devido à deformação) é a força normal
  - Normal significa perpendicular

Quando um corpo é pressionado contra uma superfície, a superfície (mesmo parecendo ser rígida) se deforma e empurra de volta o corpo com uma força normal que é perpendicular à superfície.

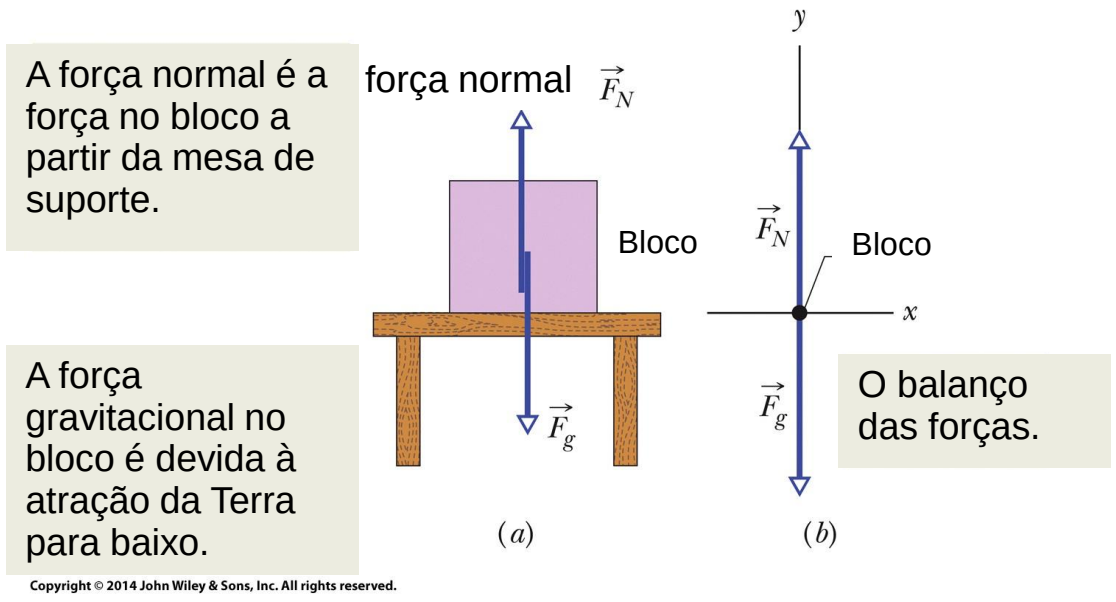


Figura 5-7

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

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

5-2 Algumas forças particulares

Exemplo A força normal para um bloco em repouso numa superfície horizontal, o qual está:

- Acelerando com a_y: $$F_N = mg + ma_y = m(g + a_y)$$ **Eq. (5-13)**

- Verticalmente em repouso: $$F_N = mg.$$ **Eq. (5-14)**



Checkpoint 3

Na Fig. 5-7, a magnitude da força normal é maior, menor ou igual a mg se o bloco e a mesa estão em um elevador se movendo para cima (a) em velocidade constante e (b) em velocidade crescente?

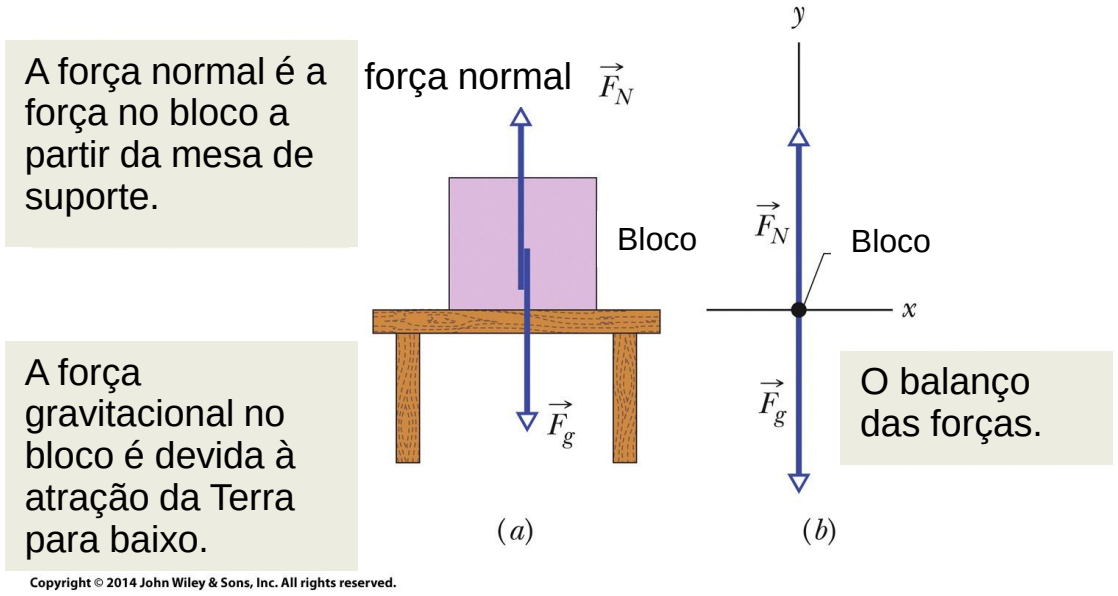
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

5-2 Algumas forças particulares

Checkpoint 3

Na Fig. 5-7, a magnitude da força normal é maior, menor ou igual a mg se o bloco e a mesa estão em um elevador se movendo para cima (a) em velocidade constante e (b) em velocidade crescente?

Figura 5-7



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

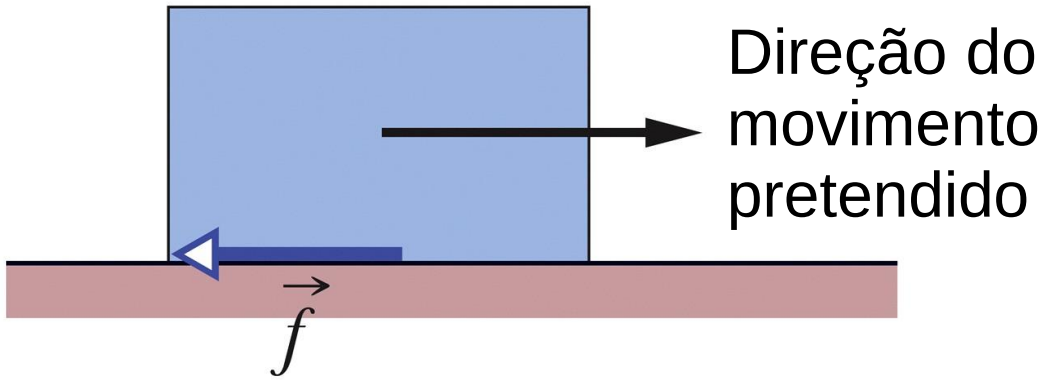
Answer: (a) equal to *mg* (no acceleration)

(b) greater than *mg* (see 5-13, with positive acceleration)

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

5-2 Algumas forças particulares

- **Força de atrito** or **atrito**:
  - Ocorre quando um objeto desliza ou tenta deslizar sobre outro
  - Direcionada ao longo da superfície, em oposição à direção do movimento pretendido



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

Figura 5-8

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

5-2 Algumas forças particulares

- **Força de tensão**:
  - Uma corda (ou linha, etc.) é presa a um corpo e esticada
  - A corda puxa o corpo com força *T* direcionada ao longo da corda
  - A corda é dita estar *sob tensão*
  - A tensão na corda é *T*
- Uma corda sem massa e inextensível existe apenas como uma conexão entre dois corpos
  - Ela puxa ambos com a mesma força, *T*
  - Verdade mesmo que os corpos e a corda estejam acelerando, e mesmo se a corda passar por uma polia sem massa e sem atrito
  - Estas simplificações são úteis

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

5-2 Algumas forças particulares

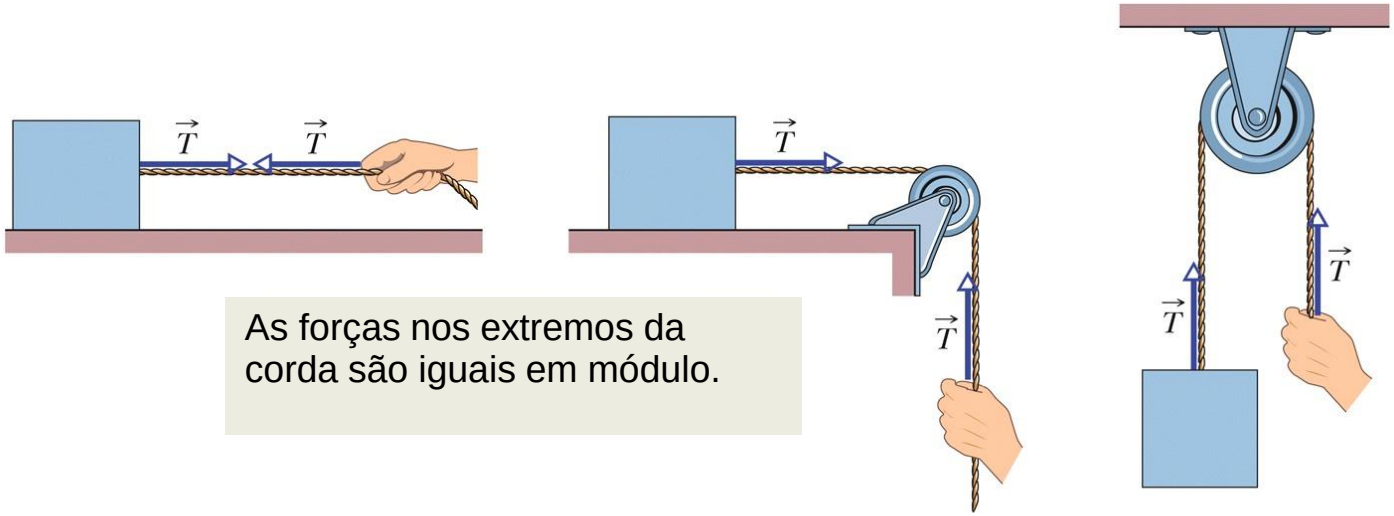


Figura 5-9

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

Checkpoint 4

O corpo suspenso na Fig. 5-9c pesa 75 N. T é igual, maior ou menor que 75 N quando o corpo está se movendo para cima (a) com velocidade constante, (b) com velocidade crescente e (c) com velocidade decrescente?

Answer: (a) equal to 75 N (b) greater than 75 N (c) less than 75 N

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

- Objetos *interagem* quando eles se empurram ou se puxam entre si:

Terceira Lei de Newton: Quando dois corpos interagem, as forças exercidas nos corpos de cada um são sempre de igual módulo e mesma direção, mas sentidos opostos.

- Podemos reescrever esta lei como uma relação escalar ou vetorial:

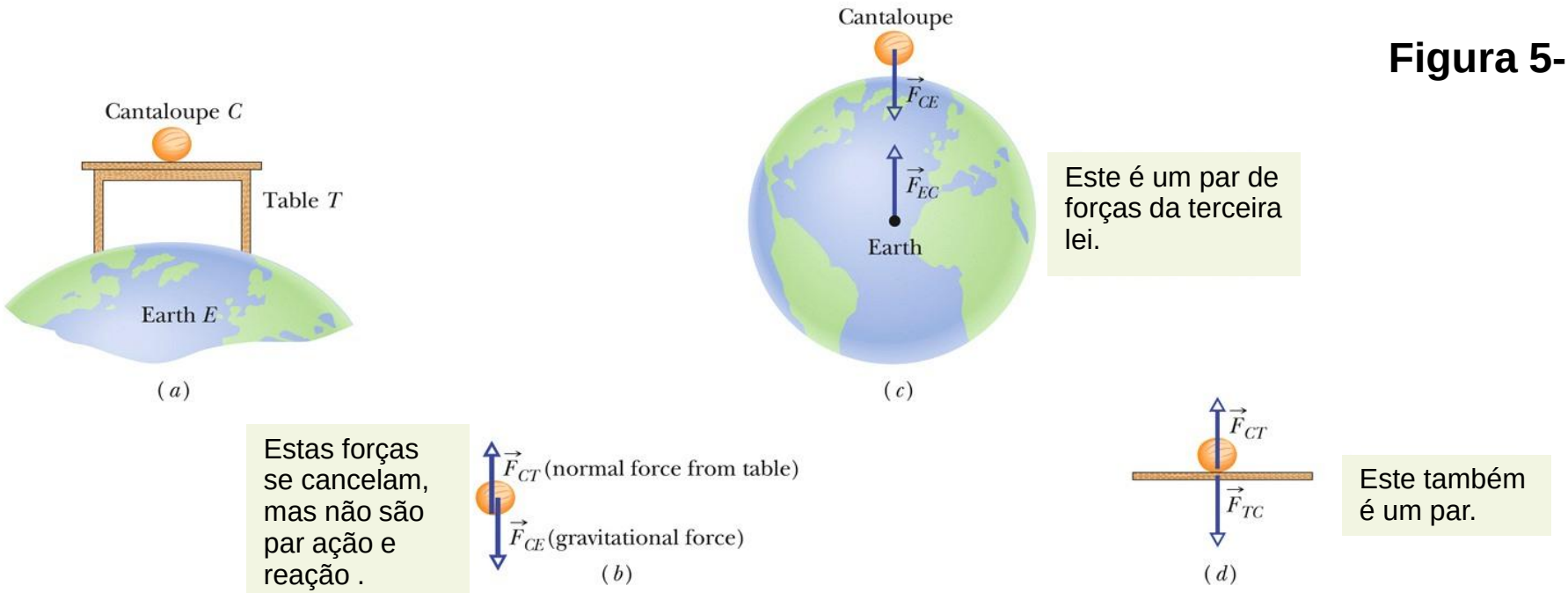
$$F_{BC} = F_{CB} \qquad \vec{F}_{BC} = -\vec{F}_{CB} \qquad \textbf{Eq. (5-15)}$$

- Podemos chamar estas duas forças como um **par ação e reação**
- Em qualquer situação em que dois corpos interajam há um par ação e reação

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

Figura 5-11



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

- Pares ação e reação:

$$\vec{F}_{CT} = -\vec{F}_{TC} \quad \text{(cantaloupe–table interaction).}$$

$$\vec{F}_{CE} = -\vec{F}_{EC} \quad \text{(cantaloupe–Earth interaction).}$$

- Isto inclui as forças gravitacionais entre a Terra e o melão!

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

Checkpoint 5

Suponha que o melão e a mesa da Fig. 5-11 estão em um elevador que começa a acelerar para cima. (a) Os módulos de F_{TC} e F_{CT} aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas? (b) Estas forças ainda são iguais em módulo e direção e com sentidos opostos? (c) Os módulos de F_{CE} e F_{EC} aumentam, diminuem ou permanecem os mesmos? (d) Estas duas forças ainda são iguais em módulo e direção e com sentidos opostos?

Answer: (a) they increase (b) yes

(c) they begin to decrease slowly (the gravitational force of Earth decreases with height—negligible in an actual elevator)

(d) yes

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

Exemplo Um bloco de massa M = 3,3 kg, concectado por uma corda e polia a um bloco pendurado de massa m = 2,1 kg, desliza ao longo de uma superfície sem atrito

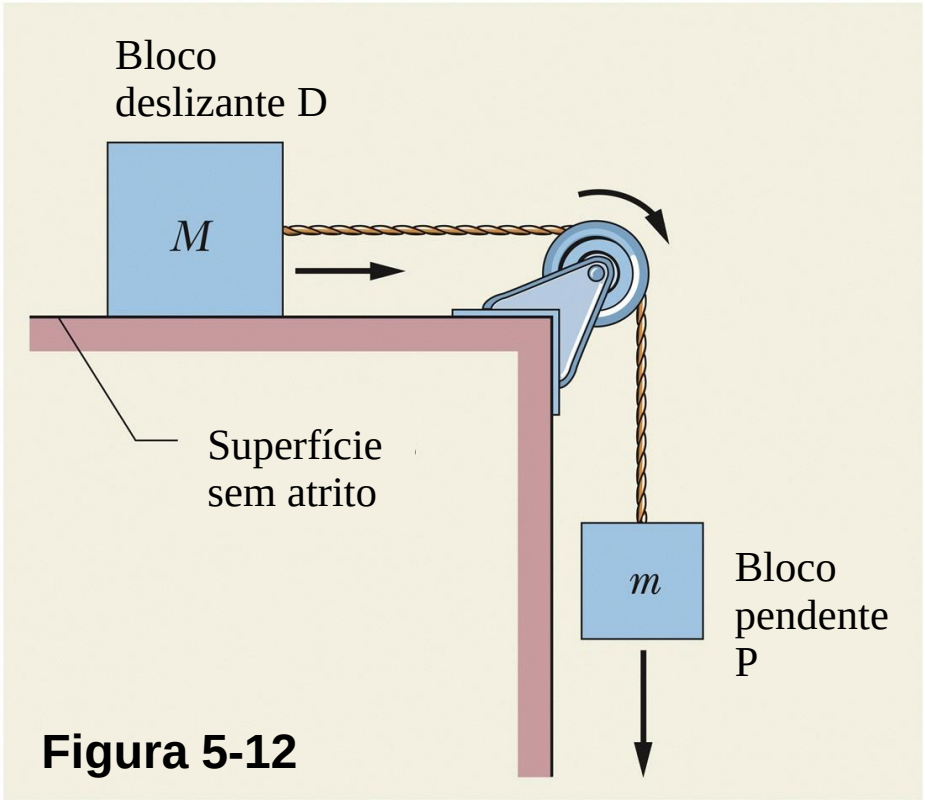


Figura 5-12

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

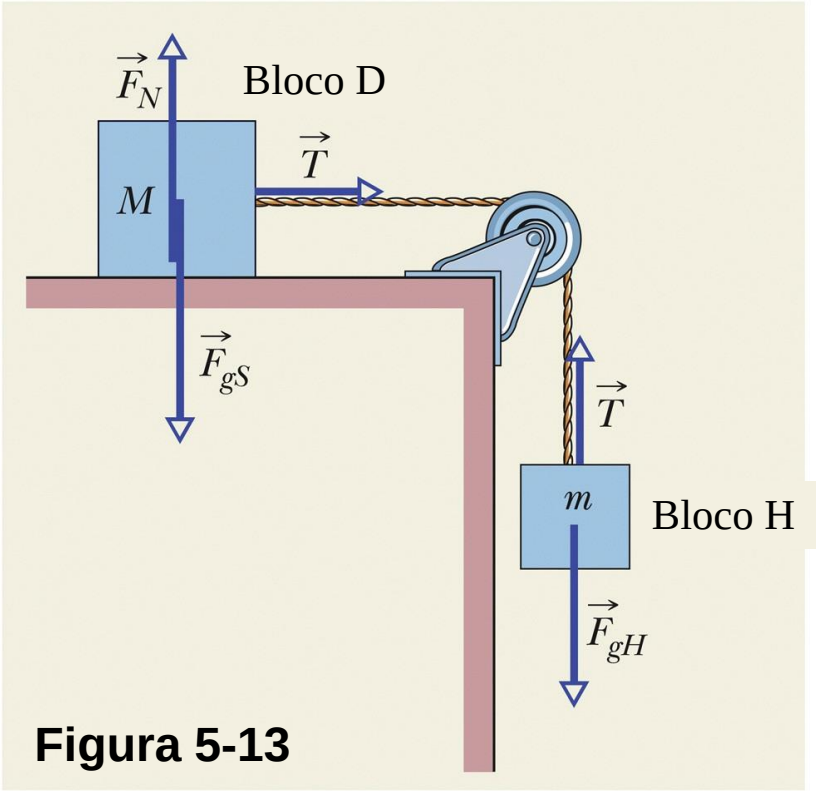


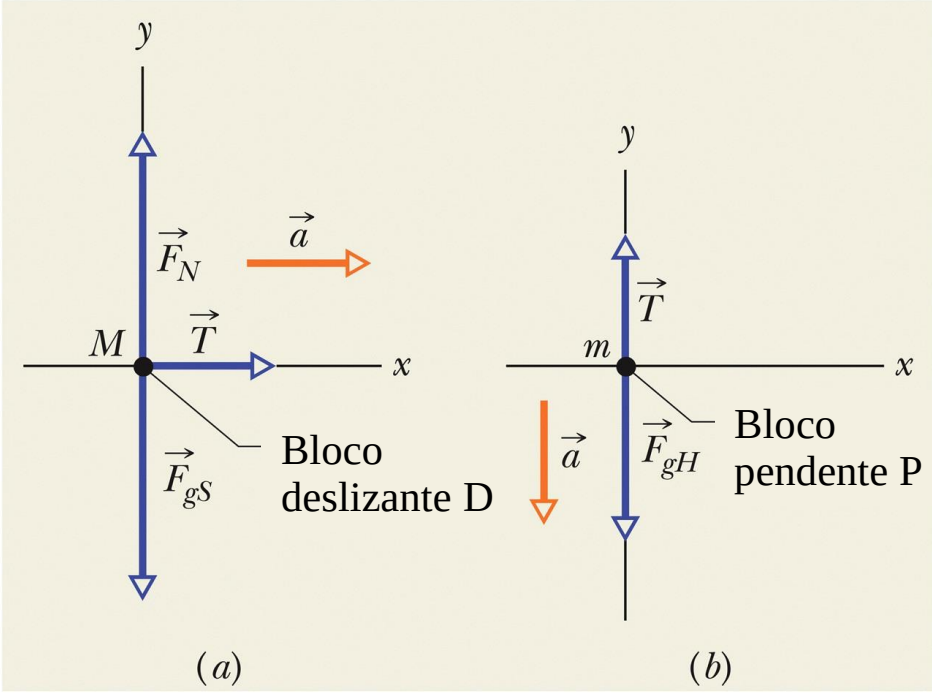
Figura 5-13

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

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

- Desenhe as forças envolvidas
- Considere a corda como inextensível, a polia como sem massa e sem atrito, e cada bloco como partícula
- Desenhe um diagrama do corpo livre para cada massa
- Aplique a 2ª. Lei de Newton ($F = ma$) para cada bloco → 2 equações simultâneas
- Elimine as desconhecidas (T) que são as mesmas e resolva para a aceleração



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

Figura 5-14

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

- Para o bloco que desliza $T = Ma.$ **Eq. (5-18)**
- Para o bloco pendurado: $T - mg = -ma.$ **Eq. (5-20)**
- Combinando obtemos:

$$a = \frac{m}{M + m} g. \quad \textbf{Eq. (5-21)}$$

$$T = \frac{Mm}{M + m} g. \quad \textbf{Eq. (5-22)}$$

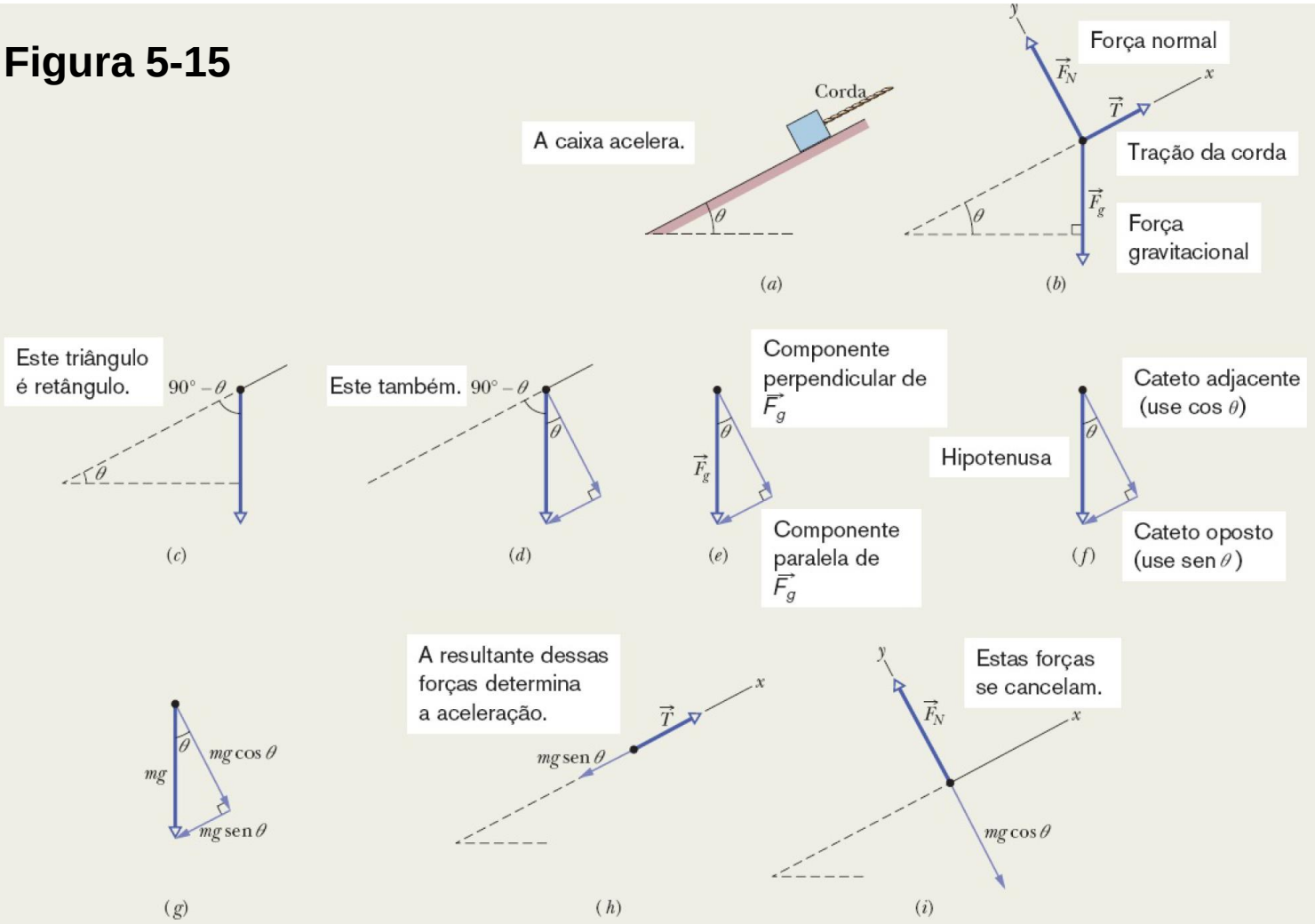
- Substituindo encontramos a = 3,8 m/s^2 e T = 13 N
- Faz sentido? Verifique que as unidades estão corretas, verifique que a < g, verifique que $T < mg$ (caso contrário a aceleração seria para cima), verifique casos limites (p.ex., $g = 0$, $M = 0$, $m = \infty$)

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

5-3 Aplicando as Leis de Newton

Exemplo Um bloco sendo puxado rampa acima:

Figura 5-15



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

5 Sumário

Mecânica Newtoniana

- Forças são puxões e empurrões
- Forças causam aceleração

Primeira Lei de Newton

- Se não existe força resultante num corpo, o corpo permanece em repouso se inicialmente em repouso, ou move-se numa linha reta com velocidade constante se em movimento.

Força

- Vetores
- 1 N = 1 kg m/s^2
- Força resultante é a soma de todas as forças agindo no corpo

Referenciais Inerciais

- Referenciais nos quais a mecânica Newtoniana é válida

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

5 Sumário

Massa

- A propriedade que relaciona a aceleração do corpo à força resultante
- Grandeza escalar

Segunda Lei de Newton

$$\vec{F}_{res} = m\vec{a}$$ **Eq. (5-1)**

- Diagrama do corpo livre representa as forças atuantes em um corpo

Algumas Forças Particulares

- Peso:

$$P = mg$$ **Eq. (5-12)**

- Força normal com a superfície
- Atrito ao longo da superfície
- Tensão em uma corda

Terceira Lei de Newton

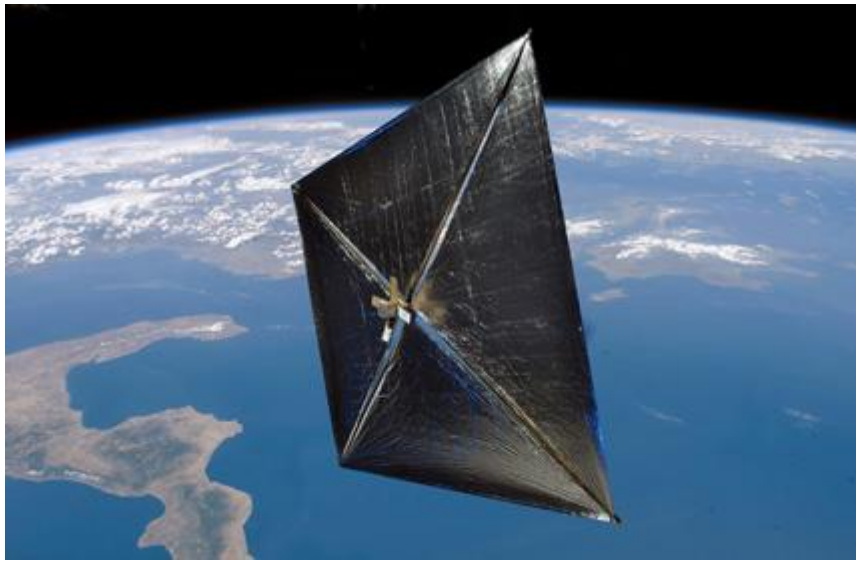
- Par ação-reação
- Se existe uma força de *B* em *C*, então existe uma força de *C* em *B*:

$$\vec{F}_{BC} = -\vec{F}_{CB}$$ **Eq. (5-15)**

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

5 Problemas

Sunjamming. Um "*veleiro solar*" é uma espaçonave com uma vela enorme, a qual é empurrada pela luz solar. Apesar de que este empurrão é muito pequeno em circunstâncias cotidianas, ele pode ser grande o suficiente para remeter a espaçonave para fora longe do Sol numa viagem sem custo, mas vagarosa. Suponha que a espaçonave tem uma massa de 900 kg e recebe um empurrão de 20 N. (a) Qual o módulo da aceleração resultante? Se a espaçonave inicia a partir do repouso, (b) quão distante viajará em 1 dia e (c) quão rápido estará se movendo?



http://blogs.discovermagazine.com/80beats/files/2011/01/solar-sail.jpg

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

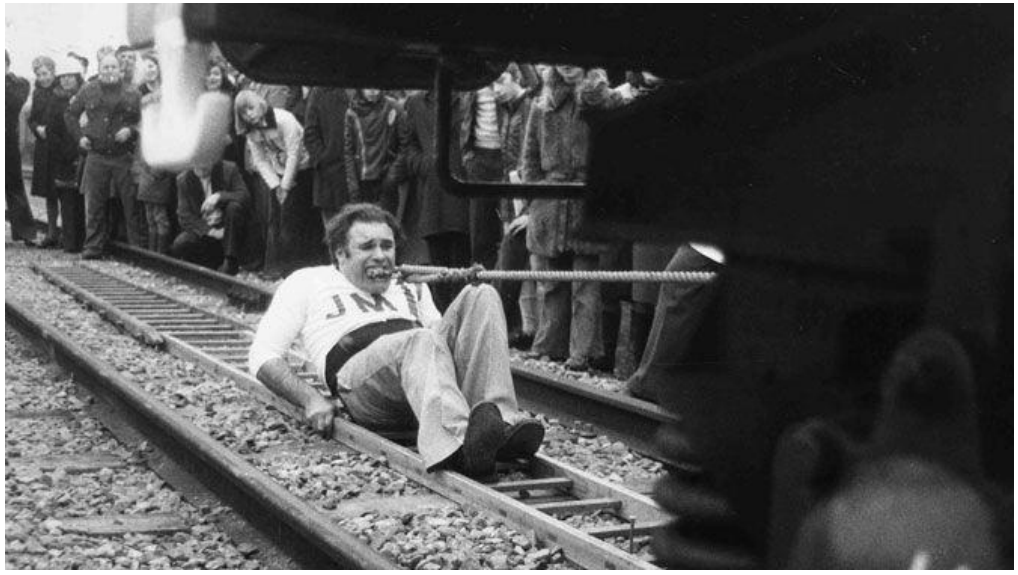
5 Problemas

A tensão para a qual uma linha de pesca arrebenta é comumente chamada de “resistência” da linha. Qual a mínima resistência necessária para uma linha para pescar um salmão de peso 85 N em 11 cm se o peixe está inicialmente nadando a 2,8 m/s? Assuma desaceleração constante.

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

5 Problemas

Em abril de 1974, John Massis da Bélgica conseguiu mover dois vagões de passageiros. Ele o fez puxando com os próprios dentes uma corda presa aos vagões e se inclinando para trás enquanto pressionava com os pés contra os dormentes dos trilhos. Os vagões juntos pesavam 700 kN. Assuma que ele puxou com uma força constante que era 2,5 vezes o peso do seu corpo, num ângulo de 30 graus para cima a partir da horizontal. Sua massa era de 80 kg e ele moveu os carros por 1,0 m. Despreze quaisquer força de atrito nas rodas e encontre a velocidade dos vagões no final do puxão.

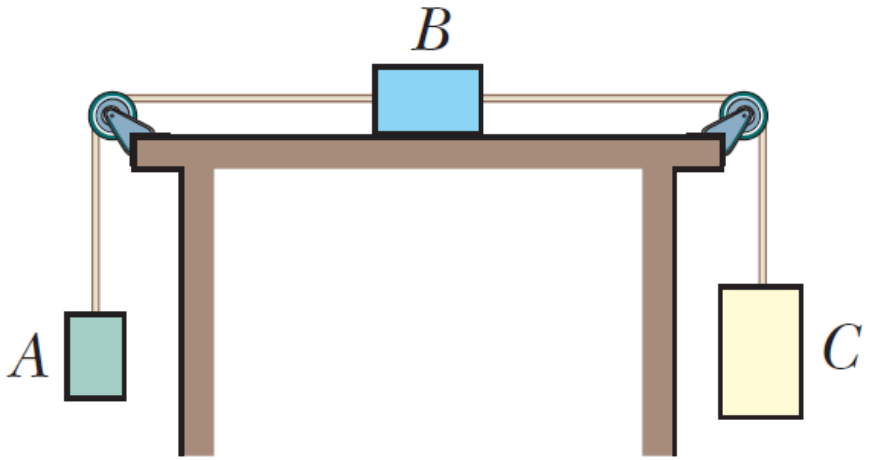


https://alchetron.com/cdn/john-massis-e3023b8b-0785-47ed-89f2-803a6a98608-resize-750.jpeg

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

5 Problemas

A figura abaixo mostra 3 blocos unidos por cordas que passam por polias sem atrito. O bloco B está sobre uma mesa sem atrito; as massas são m_A = 6,00 kg, m_B = 8,00 kg e m_C = 10,0 kg. Quando os blocos são soltos, qual é a tensão na corda da direita?



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

5 Lista de exercícios

Halliday 9ª. Edição

Cap. 5:

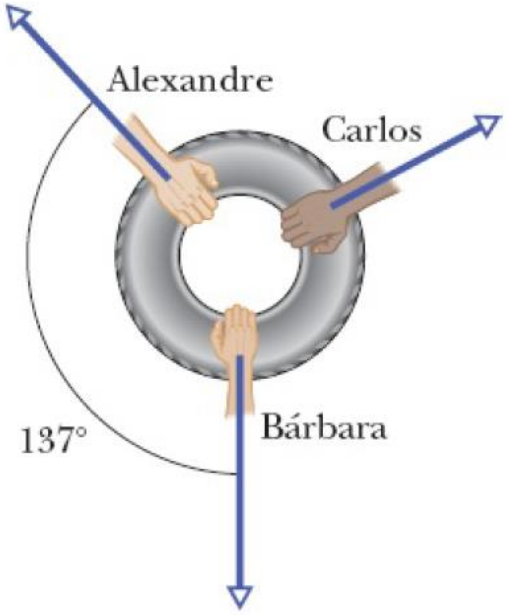
Problemas 6; 16; 23; 30; 42; 49; 51; 56; 78; 89

OU
Halliday 10ª. Edição
Cap. 5:
Problemas 6; 16; 23; 30; 42; 49; 51; 56; 78; 89

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

Problema 5-6

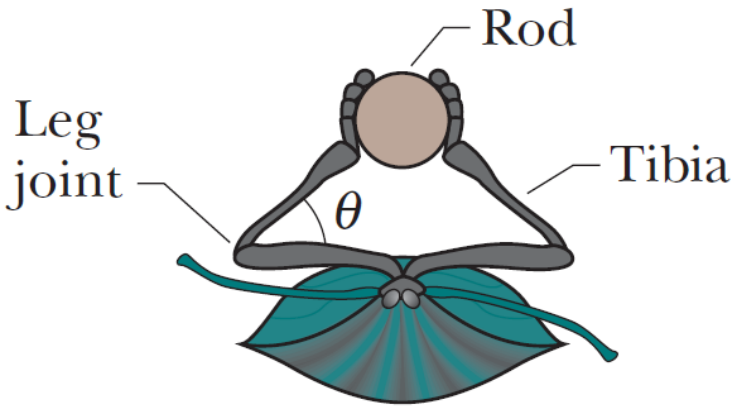
Em um cabo de guerra bidimensional, Alexandre, Bárbara e Carlos puxam horizontalmente um pneu de automóvel nas orientações mostradas na vista superior da Fig. 5-30. Apesar dos esforços da trinca, o pneu permanece no mesmo lugar. Alexandre puxa com uma força *A* de módulo 220 N e Carlos puxa com uma força *C* de módulo 170 N. Observe que a orientação de *C* não é dada. Qual é o módulo da força *B* exercida por Bárbara?



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

Problema 5-16

Alguns insetos podem caminhar embaixo de um galho fino se dependurando nele. Suponha que um inseto tem massa *m* e se dependura em um galho horizontal como mostrado na figura ao lado, com um ângulo θ de 40 graus. Suas 6 pernas estão todas sob a mesma tensão e as seções das pernas mais próximas ao corpo estão na horizontal. (a) Qual é a razão entre a tensão em cada tíbia (parte mais baixa da perna) e o peso do inseto? (b) Se o inseto estica suas pernas de alguma forma, a tensão em cada tíbia aumenta, diminui, ou permanece a mesma?



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

Problema 5-23

Tarzan, que pesa 820 N, salta de um rochedo na ponta de um cipó de 20,0 m que está preso ao galho de uma árvore e faz inicialmente um ângulo de 22,0° com a vertical. Suponha que um eixo *x* seja traçado horizontalmente a partir da borda do rochedo e que um eixo *y* seja traçado verticalmente para cima. Imediatamente após Tarzan pular da encosta, a tração do cipó é 760 N. Para esse instante, determine (a) a força que o cipó exerce sobre Tarzan na notação dos vetores unitários e a força resultante que age sobre Tarzan (b) na notação dos vetores unitários e como (c) o módulo e (d) o ângulo da força em relação ao sentido positivo do eixo *x*. Qual é (e) o módulo e (f) o ângulo da aceleração de Tarzan nesse instante?

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

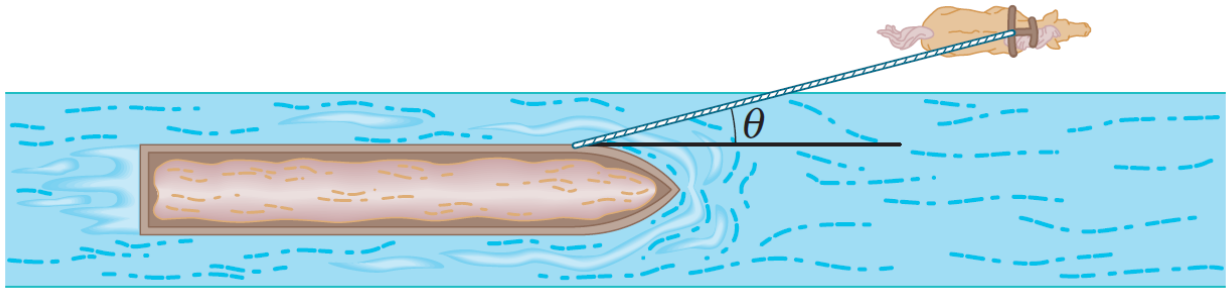
Problema 5-30

Os ventos violentos de um tornado podem fazer com que pequenos objetos fiquem encravados em árvores, paredes de edifícios, e até mesmo em placas de sinalização de metal. Em uma simulação em laboratório, um palito comum de madeira foi disparado por um canhão pneumático contra um galho de carvalho. A massa do palito era de 0,13 g, a velocidade do palito antes de penetrar no galho era de 220 m/s, e a profundidade de penetração foi de 15 mm. Se o palito sofreu uma desaceleração constante, qual foi o módulo da força exercida pelo galho sobre o palito?

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

Problema 5-42

Nos tempos antigos, cavalos puxavam embarcações ao longo de canais da maneira mostrada na figura abaixo. Suponha que o cavalo puxa a corda com uma força de 7.900 N num ângulo de 18 graus na direção do movimento da embarcação, a qual é direcionada ao longo do canal no sentido positivo do eixo x. A massa da embarcação é de 9.500 kg e a magnitude de sua aceleração é de 0,12 m/s^2. Quais são (a) o módulo e (b) direção e sentido (relativo ao eixo x) da força exercida pela água na embarcação?

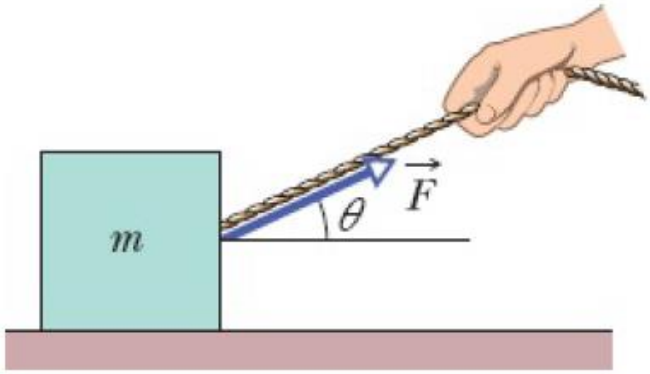




© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 5-49

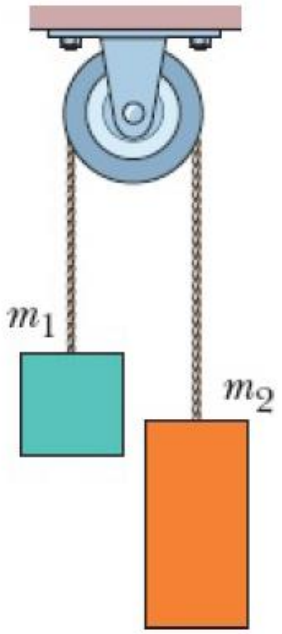
Na Figura, um bloco de massa m = 5,00 kg é puxado ao longo de um piso horizontal sem atrito por uma corda que exerce uma força de módulo F = 12,0 N e ângulo θ = 25,0°. (a) Qual é o módulo da aceleração do bloco? (b) O módulo da força F é aumentado lentamente. Qual é o valor do módulo da força imediatamente antes de o bloco perder contato com o piso? (c) Qual é o módulo da aceleração do bloco na situação do item (b)?



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

Problema 5-51

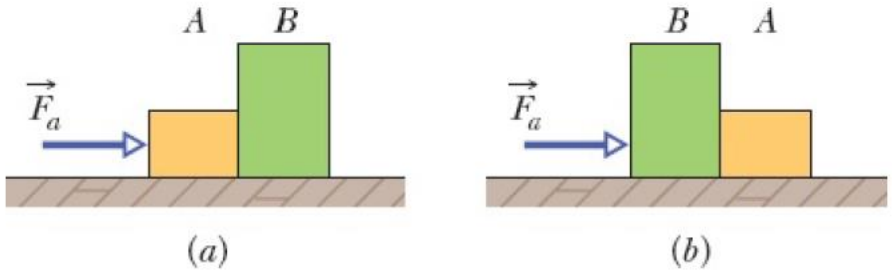
A Figura mostra dois blocos ligados por uma corda (de massa desprezível) que passa por uma polia sem atrito (também de massa desprezível). O conjunto é conhecido como *máquina de Atwood*. Um bloco tem massa m_1 = 1,3 kg; o outro tem massa m_2 = 2,8 kg. Qual é (a) o módulo da aceleração dos blocos e (b) qual a tração da corda?



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

Problema 5-56

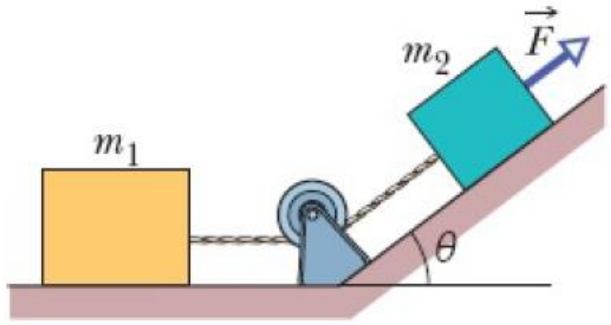
Na Fig. *(a)*, uma força horizontal constante $\mathbf{F}_a$ é aplicada ao bloco *A*, que empurra um bloco *B* com uma força de 20,0 N dirigida horizontalmente para a direita. Na Fig. *(b)*, a mesma força $\mathbf{F}_a$ é aplicada ao bloco *B*; desta vez, o bloco *A* empurra o bloco *B* com uma força de 10,0 N dirigida horizontalmente para a esquerda. Os blocos têm massa total de 12,0 kg. Qual é o módulo (a) da aceleração na figura *(a)* da esquerda e (b) da força $\mathbf{F}_a$?



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

Problema 5-78

Na Figura, uma força de módulo 12 N é aplicada a uma caixa de massa m_2 = 1,0 kg. A força é dirigida para cima paralelamente a um plano inclinado de ângulo θ = 37°. A caixa está ligada por uma corda a outra caixa de massa m_1 = 3,0 kg apoiada em um piso horizontal. O plano inclinado, o piso e a polia não têm atrito, e as massas da polia e da corda são desprezíveis. Qual é a tração da corda?



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

Problema 5-89

Uma turbina a jato de 1400 kg está presa à fuselagem de um avião comercial por apenas três parafusos (essa é a prática comum). Suponha que cada parafuso suporta um terço da carga. (a) Calcule a força a que cada parafuso é submetido enquanto o avião está parado na pista, aguardando permissão para decolar. (b) Durante o voo, o avião encontra uma turbulência que provoca uma aceleração brusca para cima de 2,6 m/s^2. Calcule a força a que é submetido cada parafuso durante essa aceleração.

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