

3. Se o corpo começa a se mover, o módulo da força de atrito diminui rapidamente para um valor constante f_k dado por

$$f_k = \mu_k F_N, \quad (6-2)$$

em que μ_k é o **coeficiente de atrito cinético**.

Força de Arrasto Quando há movimento relativo entre o ar (ou outro fluido qualquer) e um corpo, o corpo sofre a ação de uma **força de arrasto** \vec{D} que se opõe ao movimento relativo e aponta na direção em que o fluido se move em relação ao corpo. O módulo de \vec{D} está relacionado à velocidade relativa v através de um **coeficiente de arrasto** C (determinado experimentalmente) por meio da equação

$$D = \frac{1}{2} C \rho A v^2, \quad (6-14)$$

em que ρ é a massa específica do fluido (massa por unidade de volume) e A é a **área da seção reta efetiva** do corpo (área de uma seção reta perpendicular à velocidade relativa \vec{v}).

Velocidade Terminal Quando um objeto rombudo cai por uma distância suficiente no ar, os módulos da força de arrasto \vec{D} e da força gravitacional \vec{F}_g tornam-se iguais. Nesse caso, o corpo passa a cair com uma **velocidade terminal** v_t dada por

$$v_t = \sqrt{\frac{2F_g}{C\rho A}}. \quad (6-16)$$

Movimento Circular Uniforme Se uma partícula se move em uma circunferência ou em um arco de circunferência de raio R com uma velocidade escalar constante v , dizemos que a partícula está em **movimento circular uniforme**. Nesse caso, a partícula possui uma **aceleração centrípeta** \vec{a} cujo módulo é dado por

$$a = \frac{v^2}{R}. \quad (6-17)$$

Essa aceleração se deve a uma **força centrípeta** cujo módulo é dado por

$$F = \frac{mv^2}{R}, \quad (6-18)$$

em que m é a massa da partícula. As grandezas vetoriais \vec{a} e \vec{F} apontam para o centro de curvatura da trajetória da partícula.

Perguntas

1 Na Fig. 6-12, se a caixa está parada e o ângulo θ entre a horizontal e a força \vec{F} aumenta, as grandezas a seguir aumentam, diminuem ou permanecem com o mesmo valor: (a) F_x ; (b) f_s ; (c) F_N ; (d) $f_{s,\text{máx}}$? (e) Se a caixa está em movimento e θ aumenta, o módulo da força de atrito a que a caixa está submetida aumenta,

diminui ou permanece o mesmo?

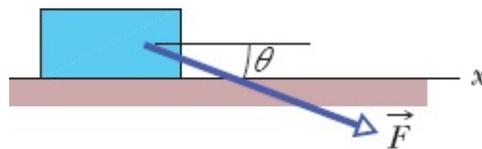


Figura 6-12 Pergunta 1.

2 Repita a Pergunta 1 para o caso de a força \vec{F} estar orientada para cima e não para baixo, como na Fig. 6-12.

3 Na Fig. 6-13, uma força horizontal \vec{F}_1 de módulo 10 N é aplicada a uma caixa que está em um piso, mas a caixa não se move. Quando o módulo da força vertical \vec{F}_2 aumenta a partir de zero, as grandezas a seguir aumentam, diminuem ou permanecem as mesmas: (a) o módulo da força de atrito estático f_s a que a caixa está submetida; (b) o módulo da força normal \vec{F}_N exercida pelo piso sobre a caixa; (c) o valor máximo $f_{s,\text{máx}}$ do módulo da força de atrito estático a que a caixa está submetida? (d) A caixa acaba escorregando?

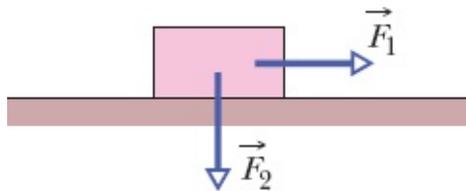


Figura 6-13 Pergunta 3.

4 Em três experimentos, três forças horizontais diferentes são aplicadas ao mesmo bloco que está inicialmente em repouso na mesma bancada. Os módulos das forças são $F_1 = 12$ N, $F_2 = 8$ N e $F_3 = 4$ N. Em cada experimento, o bloco permanece em repouso após a aplicação da força. Ordene as forças, em ordem decrescente, de acordo (a) com o módulo f_s da força de atrito estático que a bancada exerce sobre o bloco e (b) com o valor máximo $f_{s,\text{máx}}$ dessa força.

5 Se você pressiona um caixote de maçãs contra uma parede com tanta força que o caixote não escorrega para baixo, qual é a orientação (a) da força de atrito estático \vec{f}_s que a parede exerce sobre o caixote e (b) da força normal \vec{F}_N que a parede exerce sobre o caixote? Se você empurra o caixote com mais força, o que acontece (c) com f_s , (d) com F_N e (e) com $f_{e,\text{máx}}$?

6 Na Fig. 6-14, um bloco de massa m é mantido em repouso em uma rampa pela força de atrito que a rampa exerce sobre o bloco. Uma força \vec{F} , dirigida para cima ao longo da rampa, é aplicada ao bloco e o módulo da força aumentado gradualmente a partir de zero. Durante esse aumento, o que acontece com a direção e o módulo da força de atrito que age sobre o bloco?

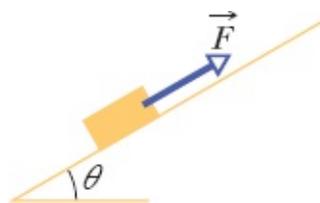


Figura 6-14 Pergunta 6.

7 Responda à Pergunta 6 se a força \vec{F} estiver orientada para baixo ao longo da rampa. Quando o módulo de \vec{F} aumenta a partir de zero, o que acontece com a direção e o módulo da força de atrito que age sobre o bloco?

8 Na Fig. 6-15, uma força horizontal de 100 N vai ser aplicada a uma prancha de 10 kg, que está inicialmente em repouso em um piso liso sem atrito, para acelerar a prancha. Um bloco de 10 kg repousa na superfície da prancha; o coeficiente de atrito μ entre o bloco e a prancha não é conhecido e o bloco está solto, podendo escorregar na prancha. (a) Considerando essa possibilidade, qual é o intervalo de valores possíveis para o módulo a_p da aceleração da prancha? (*Sugestão*: Não é preciso fazer cálculos complicados; basta considerar valores extremos de μ .) (b) Qual é o intervalo de valores possíveis para o módulo a_b da aceleração do bloco?

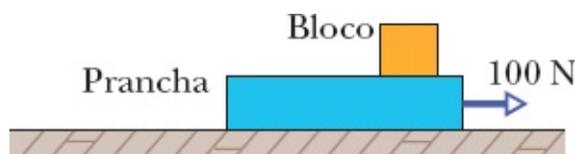


Figura 6-15 Pergunta 8.

9 A Fig. 6-16 mostra uma vista de cima da trajetória de um carrinho de parque de diversões que passa, com velocidade escalar constante, por cinco arcos circulares de raios R_0 , $2R_0$ e $3R_0$. Ordene os arcos de acordo com o módulo da força centrípeta que age sobre o carrinho ao passar por eles, começando pelo maior.

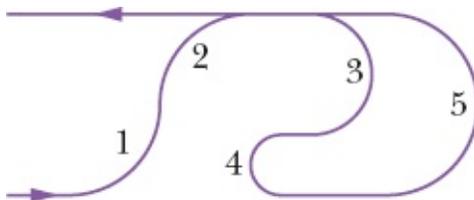


Figura 6-16 Pergunta 9.

10  Em 1987, para comemorar o dia de Halloween, dois paraquedistas trocaram uma abóbora entre si enquanto estavam em queda livre, a oeste de Chicago. A brincadeira foi muito divertida, até que o homem que estava com a abóbora abriu o paraquedas. A abóbora foi arrancada de suas mãos, despencou 0,5 km, atravessou o telhado de uma casa, bateu no chão da cozinha e se espalhou por toda a cozinha recém-reformada. O que fez o paraquedista deixar cair a abóbora, do ponto de vista do paraquedista e do ponto de vista da abóbora?

11 Uma pessoa que está andando de roda-gigante passa pelas seguintes posições: (1) o ponto mais alto da roda, (2) o ponto mais baixo da roda, (3) o ponto médio da roda. Se a roda está girando com velocidade angular constante, ordene as três posições, em ordem decrescente, (a) de acordo com o módulo da aceleração centrípeta da pessoa; (b) de acordo com o módulo da força centrípeta resultante a que a pessoa está sujeita; (c) de acordo com o módulo da força normal a que a pessoa está sujeita.

12 Em 1956, durante um voo de rotina, o piloto de provas Tom Attridge colocou seu jato de caça em um mergulho de 20° para testar os canhões de 20 mm da aeronave. Enquanto viajava mais depressa que o som a uma altitude de 4000 m, Attridge disparou várias vezes. Depois de esperar algum tempo para que os canhões esfriassem, disparou uma nova salva de tiros a 2000 m; nessa ocasião, o piloto estava a uma velocidade de 344 m/s, a velocidade dos projéteis em relação ao avião era de 730 m/s e o mergulho prosseguia, com um ângulo maior que o inicial.

De repente, a cobertura da cabine se despedaçou e a entrada de ar da turbina da direita foi danificada. Attridge fez um pouso forçado em uma floresta e conseguiu escapar da explosão que se seguiu ao pouso. Explique o que aparentemente aconteceu logo depois da segunda salva de tiros. (Pelo que se sabe, Attridge foi o primeiro piloto a derrubar a tiros seu próprio avião.)

13 Um caixote está em uma rampa que faz um ângulo θ com a horizontal. Quando θ é aumentado a partir de zero, e antes que o caixote comece a escorregar, o valor das grandezas a seguir aumenta, diminui ou permanece o mesmo: (a) a componente paralela à rampa da força gravitacional que age sobre o caixote; (b) o módulo da força de atrito estático que a rampa exerce sobre o caixote; (c) a componente perpendicular à rampa da força gravitacional que age sobre o caixote; (d) o módulo da força normal que a rampa exerce sobre o caixote; (e) o valor máximo $f_{s,\text{máx}}$ da força de atrito estático?

Problemas

. - ... O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema.

 Informações adicionais disponíveis em *O Circo Voador da Física* de Jearl Walker, LTC, Rio de Janeiro, 2008.

Módulo 6-1 Atrito

•1 O piso de um vagão de trem está carregado de caixas soltas cujo coeficiente de atrito estático com o piso é 0,25. Se o trem está se movendo inicialmente com uma velocidade de 48 km/h, qual é a menor distância na qual o trem pode ser parado com aceleração constante sem que as caixas deslizem no piso?

•2 Em um jogo de *shuffleboard* improvisado, estudantes enlouquecidos pelos exames finais usam uma vassoura para movimentar um livro de cálculo no corredor do dormitório. Se o livro de 3,5 kg adquire uma velocidade de 1,60 m/s ao ser empurrado pela vassoura, a partir do repouso, com uma força horizontal de 25 N, por uma distância de 0,90 m, qual é o coeficiente de atrito cinético entre o livro e o piso?

- 3 Uma cômoda com uma massa de 45 kg, incluindo as gavetas e as roupas, está em repouso no piso. (a) Se o coeficiente de atrito estático entre a cômoda e o piso é 0,45, qual é o módulo da menor força horizontal necessária para fazer a cômoda entrar em movimento? (b) Se as gavetas e as roupas, com uma massa total de 17 kg, são removidas antes de empurrar a cômoda, qual é o novo módulo mínimo?
- 4 Um porco brincalhão escorrega em uma rampa com uma inclinação de 35° e leva o dobro do tempo que levaria se não houvesse atrito. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o porco e a rampa?
- 5 Um bloco de 2,5 kg está inicialmente em repouso em uma superfície horizontal. Uma força horizontal \vec{F} de módulo 6,0 N e uma força vertical \vec{P} são aplicadas ao bloco (Fig. 6-17). Os coeficientes de atrito entre o bloco e a superfície são $\mu_s = 0,40$ e $\mu_k = 0,25$. Determine o módulo da força de atrito que age sobre o bloco se o módulo de \vec{P} é (a) 8,0 N, (b) 10 N e (c) 12 N.

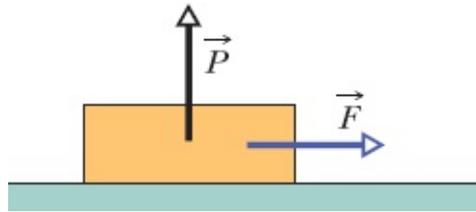


Figura 6-17 Problema 5.

- 6 Um jogador de beisebol, de massa $m = 79$ kg, deslizando para chegar à segunda base, é retardado por uma força de atrito de módulo 470 N. Qual é o coeficiente de atrito cinético μ_k entre o jogador e o chão?
- 7 Uma pessoa empurra horizontalmente um caixote de 55 kg com uma força de 220 N para deslocá-lo em um piso plano. O coeficiente de atrito cinético é 0,35. (a) Qual é o módulo da força de atrito? (b) Qual é o módulo da aceleração do caixote?
- 8  *As misteriosas pedras que migram.* Na remota Racetrack Playa, no Vale da Morte, Califórnia, as pedras às vezes deixam rastros no chão do deserto, como se estivessem migrando (Fig. 6-18). Há muitos anos que os cientistas tentam explicar como as pedras se movem. Uma possível explicação é que, durante uma tempestade ocasional, os fortes ventos arrastam as pedras no solo amolecido pela chuva. Quando o solo seca, os rastros deixados pelas pedras são endurecidos pelo calor. Segundo medições realizadas no local, o coeficiente de atrito cinético entre as pedras e o solo úmido do deserto é aproximadamente 0,80. Qual é a força horizontal necessária para manter em movimento uma pedra de 20 kg (uma massa típica) depois que uma rajada de vento a coloca em movimento? (A história continua no Problema 37.)



Jerry Schad/Photo Researchers, Inc.

Figura 6-18 Problema 8. O que fez a pedra se mover?

•9 Um bloco de 3,5 kg é empurrado em um piso horizontal por uma força \vec{F} de módulo 15 N que faz um ângulo $\theta = 40^\circ$ com a horizontal (Fig. 6-19). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso é 0,25. Calcule (a) o módulo da força de atrito que o piso exerce sobre o bloco e (b) o módulo da aceleração do bloco.

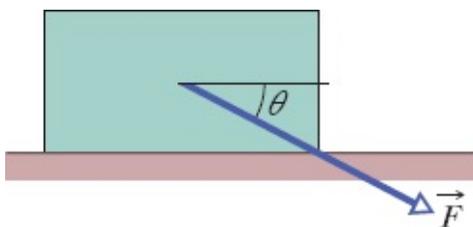


Figura 6-19 Problemas 9 e 32.

•10 A Fig. 6-20 mostra um bloco inicialmente estacionário, de massa m , em um piso. Uma força de módulo $0,500 mg$ é aplicada com um ângulo $\theta = 20^\circ$ para cima. Qual é o módulo da aceleração do bloco, se (a) $\mu_s = 0,600$ e $\mu_k = 0,500$ e (b) $\mu_s = 0,400$ e $\mu_k = 0,300$?

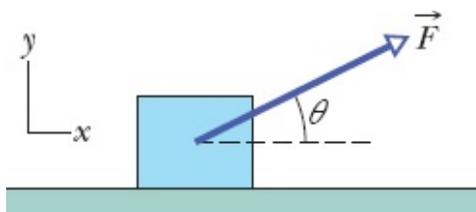


Figura 6-20 Problema 10.

•11 Um caixote de 68 kg é arrastado em um piso, puxado por uma corda inclinada 15° acima da horizontal. (a) Se o coeficiente de atrito estático é 0,50, qual é o valor mínimo do módulo da força para

que o caixote comece a se mover? (b) Se $\mu_k = 0,35$, qual é o módulo da aceleração inicial do caixote?

•12 Por volta de 1915, Henry Sincosky, de Filadélfia, pendurou-se no caibro de um telhado apertando-o com os polegares de um lado e com os outros dedos do outro lado (Fig. 6-21). A massa de Sincosky era de 79 kg. Se o coeficiente de atrito estático entre as mãos e o caibro era 0,70, qual foi, no mínimo, o módulo da força normal exercida sobre o caibro pelos polegares ou os dedos do lado oposto? (Depois de se pendurar, Sincosky ergueu o corpo e deslocou-se ao longo do caibro, trocando de mão. Se você não dá valor ao feito de Sincosky, tente repetir a proeza.)



Figura 6-21 Problema 12.

•13 Um operário empurra um engradado de 35 kg com uma força horizontal de módulo 110 N. O coeficiente de atrito estático entre o engradado e o piso é 0,37. (a) Qual é o valor de $f_{s,máx}$ nessas circunstâncias? (b) O engradado se move? (c) Qual é a força de atrito que o piso exerce sobre o engradado? (d) Suponha que um segundo operário, no intuito de ajudar, puxe o engradado para cima. Qual é o menor puxão vertical que permite ao primeiro operário mover o engradado com o empurrão de 110 N? (e) Se, em vez disso, o segundo operário tenta ajudar puxando horizontalmente o engradado, qual é o menor puxão que coloca o engradado em movimento?

•14 A Fig. 6-22 mostra a seção transversal de uma estrada na encosta de uma montanha. A reta AA' representa um plano de estratificação ao longo do qual pode ocorrer um deslizamento. O bloco B , situado acima da estrada, está separado do resto da montanha por uma grande fenda (chamada *junta*), de modo que somente o atrito entre o bloco e o plano de estratificação evita o deslizamento. A massa do bloco é $1,8 \times 10^7$ kg, o ângulo de mergulho θ do plano de estratificação é 24° e o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o plano é 0,63. (a) Mostre que o bloco não desliza. (b) A água penetra na junta e se

expande após congelar, exercendo sobre o bloco uma força \vec{F} paralela a AA' . Qual é o valor mínimo do módulo F da força para o qual ocorre um deslizamento?

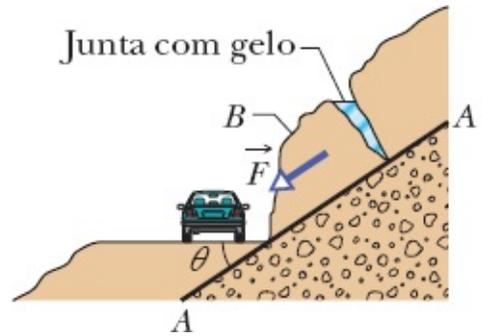


Figura 6-22 Problema 14.

•15 O coeficiente de atrito estático entre o Teflon e ovos mexidos é cerca de 0,04. Qual é o menor ângulo com a horizontal que faz com que os ovos deslizem no fundo de uma frigideira revestida com Teflon?

•16 Um trenó com um pinguim, com 80 N de peso total, está em repouso em uma ladeira de ângulo $\theta = 20^\circ$ com a horizontal (Fig. 6-23). O coeficiente de atrito estático entre o trenó e a ladeira é 0,25 e o coeficiente de atrito cinético é 0,15. (a) Qual é o menor módulo da força \vec{F} , paralela ao plano, que impede o trenó de deslizar ladeira abaixo? (b) Qual é o menor módulo F que faz o trenó começar a subir a ladeira? (c) Qual é o valor de F que faz o trenó subir a ladeira com velocidade constante?

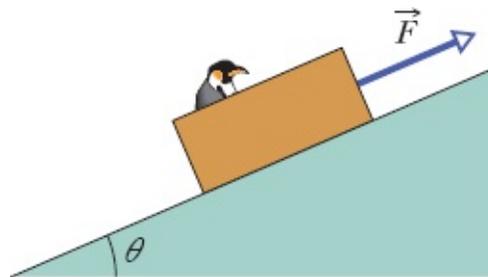


Figura 6-23 Problemas 16 e 22.

•17 Na Fig. 6-24, uma força \vec{P} atua sobre um bloco com 45 N de peso. O bloco está inicialmente em repouso em um plano inclinado de ângulo $\theta = 15^\circ$ com a horizontal. O sentido positivo do eixo x é para cima ao longo do plano. Os coeficientes de atrito entre o bloco e o plano são $\mu_s = 0,50$ e $\mu_k = 0,34$. Na notação dos vetores unitários, qual é a força de atrito exercida pelo plano sobre o bloco quando \vec{P} é igual a (a) $(-5,0 \text{ N})\hat{i}$, (b) $(-8,0 \text{ N})\hat{i}$ e (c) $(-15,0 \text{ N})\hat{i}$?

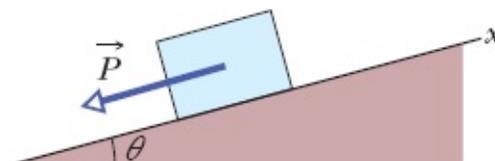


Figura 6-24 Problema 17.

•18 Você depõe como *perito* em um caso envolvendo um acidente no qual um carro A bateu na traseira

de um carro B que estava parado em um sinal vermelho no meio de uma ladeira (Fig. 6-25). Você descobre que a inclinação da ladeira é $\theta = 12,0^\circ$, que os carros estavam separados por uma distância $d = 24,0$ m quando o motorista do carro A freou bruscamente, bloqueando as rodas (o carro não dispunha de freios ABS) e que a velocidade do carro A no momento em que o motorista pisou no freio era $v_0 = 18$ m/s. Com que velocidade o carro A bateu no carro B se o coeficiente de atrito cinético era (a) 0,60 (estrada seca) e (b) 0,10 (estrada coberta de folhas molhadas)?

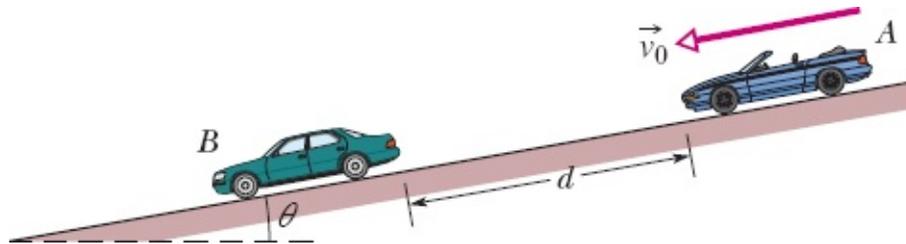


Figura 6-25 Problema 18.

••19 Uma força horizontal \vec{F} , de 12 N, empurra um bloco de 5,0 N de peso contra uma parede vertical (Fig. 6-26). O coeficiente de atrito estático entre a parede e o bloco é 0,60 e o coeficiente de atrito cinético é 0,40. Suponha que o bloco não esteja se movendo inicialmente. (a) O bloco vai se mover? (b) Na notação dos vetores unitários, qual é a força que a parede exerce sobre o bloco?

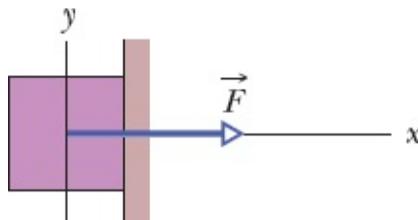


Figura 6-26 Problema 19.

••20 Na Fig. 6-27, uma caixa de cereais Cheerios (massa $m_C = 1,0$ kg) e uma caixa de cereais Wheaties (massa $m_W = 3,0$ kg) são aceleradas em uma superfície horizontal por uma força horizontal \vec{F} aplicada à caixa de cereais Cheerios. O módulo da força de atrito que age sobre a caixa de Cheerios é 2,0 N e o módulo da força de atrito que age sobre a caixa de Wheaties é 4,0 N. Se o módulo de \vec{F} é 12 N, qual é o módulo da força que a caixa de Cheerios exerce sobre a caixa de Wheaties?

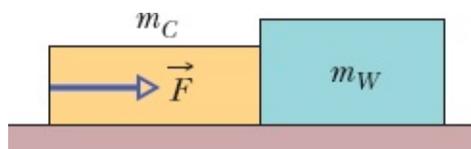


Figura 6-27 Problema 20.

••21 Uma caixa de areia, inicialmente em repouso, vai ser puxada em um piso por meio de um cabo cuja tração não deve exceder 1100 N. O coeficiente de atrito estático entre a caixa e o piso é de 0,35. (a) Qual deve ser o ângulo entre o cabo e a horizontal para que se consiga puxar a maior quantidade possível de areia e (b) qual é o peso da areia e da caixa nesta situação?

••22 Na Fig. 6-23, um trenó é sustentado em um plano inclinado por uma corda que o puxa para cima paralelamente ao plano. O trenó está na iminência de começar a subir. A Fig. 6-28 mostra o módulo F da força aplicada à corda em função do coeficiente de atrito estático μ_s entre o trenó e o plano. Se $F_1 = 2,0$ N, $F_2 = 5,0$ N e $\mu_2 = 0,50$, qual é o valor do ângulo θ do plano inclinado?

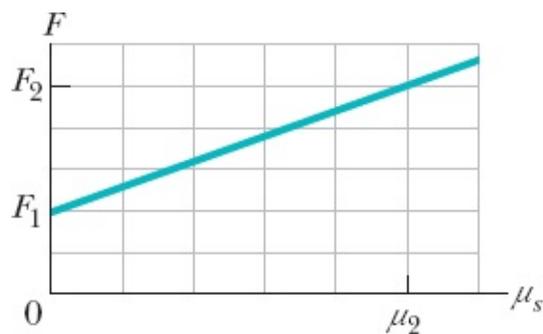


Figura 6-28 Problema 22.

••23 Quando os três blocos da Fig. 6-29 são liberados a partir do repouso, eles aceleram com um módulo de $0,500$ m/s². O bloco 1 tem massa M , o bloco 2 tem massa $2M$ e o bloco 3 tem massa $2M$. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o bloco 2 e a mesa?

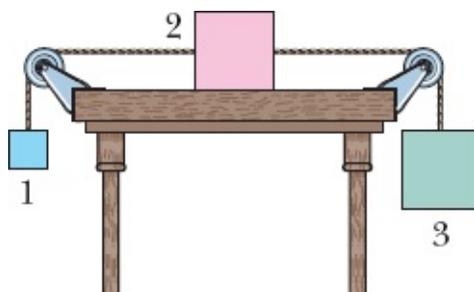


Figura 6-29 Problema 23.

••24 Um bloco de $4,10$ kg é empurrado em um piso por uma força horizontal constante de módulo $40,0$ N. A Fig. 6-30 mostra a velocidade v do bloco em função do tempo t quando o bloco se desloca ao longo do piso. A escala vertical do gráfico é definida por $v_s = 5,0$ m/s. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso?

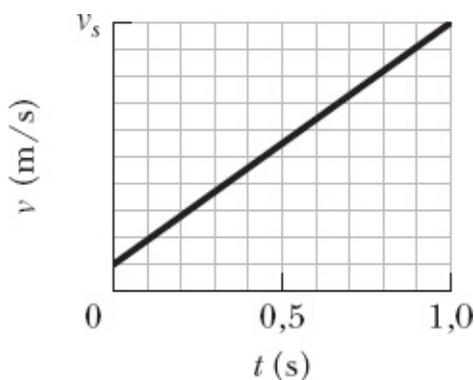


Figura 6-30 Problema 24.

••25 O bloco B da Fig. 6-31 pesa 711 N. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a mesa é 0,25; o ângulo θ é 30° ; suponha que o trecho da corda entre o bloco B e o nó é horizontal. Determine o peso máximo do bloco A para o qual o sistema permanece em repouso.

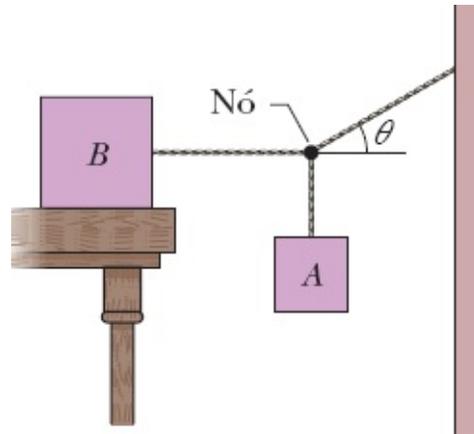


Figura 6-31 Problema 25.

••26 A Fig. 6-32 mostra três caixotes sendo empurrados em um piso de concreto por uma força horizontal \vec{F} de módulo 440 N. As massas dos caixotes são $m_1 = 30,0$ kg, $m_2 = 10,0$ kg e $m_3 = 20,0$ kg. O coeficiente de atrito cinético entre o piso e cada um dos caixotes é de 0,700. (a) Qual é o módulo F_{32} da força exercida sobre o bloco 3 pelo bloco 2? (b) Se os caixotes deslizassem em um piso polido, com um coeficiente de atrito cinético menor que 0,700, o módulo F_{32} seria maior, menor ou igual ao valor quando o coeficiente de atrito era 0,700?

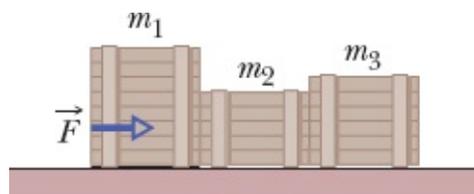


Figura 6-32 Problema 26.

••27 Na Fig. 6-33, dois blocos estão ligados por uma corda que passa por uma polia. O bloco A pesa 102 N e o bloco B pesa 32 N. Os coeficientes de atrito entre A e a rampa são $\mu_s = 0,56$ e $\mu_k = 0,25$. O ângulo θ é igual a 40° . Suponha que o eixo x é paralelo à rampa, com o sentido positivo para cima. Na notação dos vetores unitários, qual é a aceleração de A , se A está inicialmente (a) em repouso, (b) subindo a rampa e (c) descendo a rampa?

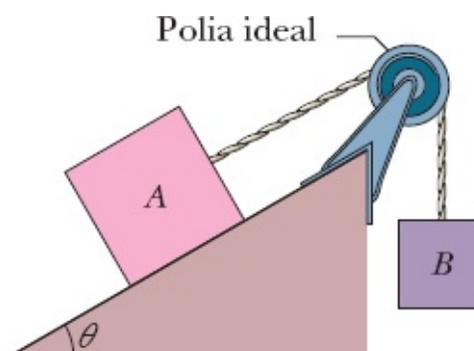


Figura 6-33 Problemas 27 e 28.

••28 Na Fig. 6-33, dois blocos estão ligados por uma corda que passa por uma polia. A massa do bloco A é 10 kg e o coeficiente de atrito cinético entre A e a rampa é 0,20. O ângulo θ da rampa é 30° . O bloco A desliza para baixo ao longo da rampa com velocidade constante. Qual é a massa do bloco B ? Despreze a massa da corda e a massa e o atrito da polia.

••29 Na Fig. 6-34, os blocos A e B pesam 44 N e 22 N, respectivamente. (a) Determine o menor peso do bloco C que evita que o bloco A deslize, se μ_s entre A e a mesa é 0,20. (b) O bloco C é removido bruscamente de cima do bloco A . Qual é a aceleração do bloco A se μ_k entre A e a mesa é 0,15?

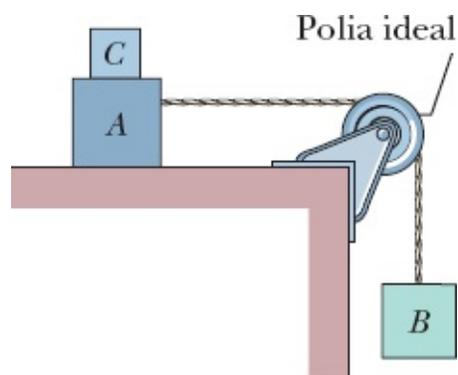


Figura 6-34 Problema 29.

••30 Uma caixa de brinquedos e seu conteúdo têm um peso total de 180 N. O coeficiente de atrito estático entre a caixa de brinquedos e o piso é 0,42. A criança da Fig. 6-35 tenta arrastar a caixa puxando-a por uma corda. (a) Se $\theta = 42^\circ$, qual é o módulo da força \vec{F} que a criança deve fazer sobre a corda para que a caixa esteja na iminência de se mover? (b) Escreva uma expressão para o menor valor do módulo de \vec{F} necessário para que a caixa se mova em função do ângulo θ . Determine (c) o valor de θ para o qual F é mínimo e (d) o valor mínimo de F .

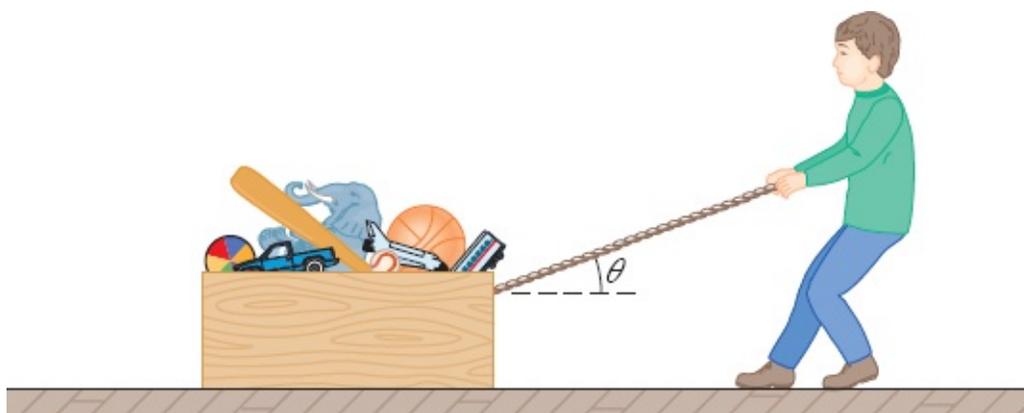


Figura 6-35 Problema 30.

••31 Dois blocos, com 3,6 N e 7,2 N de peso, estão ligados por uma corda sem massa e deslizam para baixo em um plano inclinado de 30° . O coeficiente de atrito cinético entre o bloco mais leve e o plano é 0,10 e o coeficiente de atrito cinético entre o bloco mais pesado e o plano é 0,20. Supondo que o bloco

mais leve desce na frente, determine (a) o módulo da aceleração dos blocos e (b) a tração da corda.

••32 Um bloco é empurrado em um piso horizontal por uma força constante que faz um ângulo θ para baixo com o piso (Fig. 6-19). A Fig. 6-36 mostra o módulo da aceleração a em função do coeficiente de atrito cinético μ_k entre o bloco e o piso. Se $a_1 = 3,0 \text{ m/s}^2$, $\mu_{k2} = 0,20$ e $\mu_{k3} = 0,40$, qual é o valor de θ ?

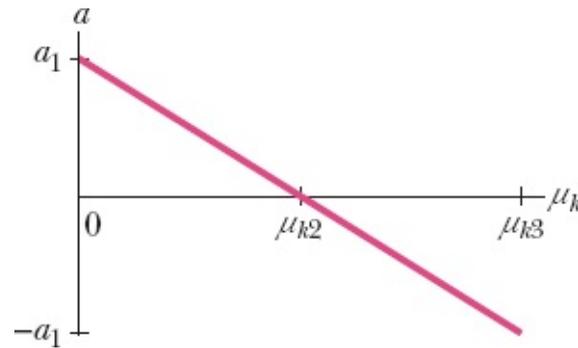


Figura 6-36 Problema 32.

••33 Um barco de 1000 kg está navegando a 90 km/h quando o motor é desligado. O módulo da força de atrito \vec{f}_k entre o barco e a água é proporcional à velocidade v do barco: $f_k = 70v$, em que v está em metros por segundo, e f_k está em newtons. Determine o tempo necessário para que a velocidade do barco diminua para 45 km/h.

••34 Na Fig. 6-37, uma prancha de massa $m_1 = 40 \text{ kg}$ repousa em um piso sem atrito e um bloco de massa $m_2 = 10 \text{ kg}$ repousa na prancha. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a prancha é 0,60 e o coeficiente de atrito cinético é 0,40. O bloco é puxado por uma força horizontal \vec{F} de módulo 100 N. Na notação dos vetores unitários, qual é a aceleração (a) do bloco e (b) da prancha?

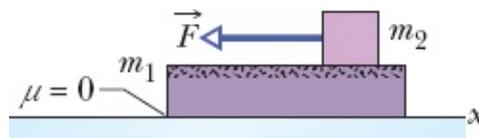


Figura 6-37 Problema 34.

••35 Os dois blocos ($m = 16 \text{ kg}$ e $M = 88 \text{ kg}$) da Fig. 6-38 não estão ligados. O coeficiente de atrito estático entre os blocos é $\mu_s = 0,38$, mas não há atrito na superfície abaixo do bloco maior. Qual é o menor valor do módulo da força horizontal \vec{F} para o qual o bloco menor não escorrega para baixo ao longo do bloco maior?

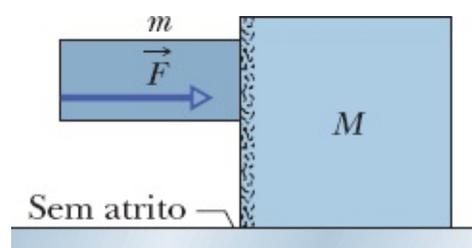


Figura 6-38 Problema 35.

Módulo 6-2 Força de Arrasto e Velocidade Terminal

••36 A velocidade terminal de um paraquedista é 160 km/h na posição de águia e 310 km/h na posição de mergulho de cabeça. Supondo que o coeficiente de arrasto C do paraquedista não muda de uma posição para outra, determine a razão entre a área da seção reta efetiva A na posição de menor velocidade e a área na posição de maior velocidade.

••37  *Continuação do Problema 8.* Suponha agora que a Eq. 6-14 forneça o módulo da força de arrasto que age sobre uma pedra típica de 20 kg, que apresenta, ao vento, uma área de seção reta vertical de 0,040 m² e tem um coeficiente de arrasto C de 0,80. Tome a massa específica do ar como sendo de 1,21 kg/m³ e o coeficiente de atrito cinético como sendo de 0,80. (a) Que velocidade V de um vento paralelo ao solo, em quilômetros por hora, é necessária para manter a pedra em movimento depois que ela começa a se mover? Como a velocidade do vento perto do solo é reduzida pela presença do solo, a velocidade do vento informada nos boletins meteorológicos é frequentemente medida a uma altura de 10 m. Suponha que a velocidade do vento a essa altura seja 2,00 vezes maior do que junto ao solo. (b) Para a resposta do item (a), que velocidade do vento seria informada nos boletins meteorológicos? (c) Esse valor é razoável para um vento de alta velocidade durante uma tempestade? (A história continua no Problema 65.)

••38 Suponha que a Eq. 6-14 forneça a força de arrasto a que estão sujeitos um piloto e o assento de ejeção imediatamente após terem sido ejetados de um avião voando horizontalmente a 1300 km/h. Suponha também que a massa do assento seja igual à massa do piloto e que o coeficiente de arrasto seja o mesmo que o de um paraquedista. Fazendo uma estimativa razoável para a massa do piloto e usando o valor apropriado de v_t da Tabela 6-1, estime o módulo (a) da força de arrasto sobre o conjunto *piloto + assento* e (b) da desaceleração horizontal (em termos de g) do conjunto, ambos imediatamente após a ejeção. [O resultado do item (a) deve servir de alerta para os projetistas: o assento precisa dispor de um anteparo para desviar o vento da cabeça do piloto.]

••39 Calcule a razão entre a força de arrasto experimentada por um avião a jato voando a 1000 km/h a uma altitude de 10 km e a força de arrasto experimentada por um avião a hélice voando a metade da altitude com metade da velocidade. A massa específica do ar é 0,38 kg/m³ a 10 km e 0,67 kg/m³ a 5,0 km. Suponha que os aviões possuem a mesma área de seção reta efetiva e o mesmo coeficiente de arrasto C .

••40  Ao descer uma encosta, um esquiador é freado pela força de arrasto que o ar exerce sobre o seu corpo e pela força de atrito cinético que a neve exerce sobre os esquis. (a) Suponha que o ângulo da encosta é $\theta = 40,0^\circ$, que a neve é neve seca, com um coeficiente de atrito cinético $\mu_k = 0,0400$, que a massa do esquiador e de seu equipamento é $m = 85,0$ kg, que a área da seção reta do esquiador (agachado) é $A = 1,30$ m², que o coeficiente de arrasto é $C = 0,150$ e que a massa específica do ar é 1,20 kg/m³. (a) Qual é a velocidade terminal? (b) Se o esquiador pode fazer o coeficiente de arrasto C sofrer uma pequena variação dC alterando, por exemplo, a posição das mãos, qual é a variação correspondente da velocidade terminal?

Módulo 6-3 Movimento Circular Uniforme

•41 Um gato está cochilando em um carrossel parado, a uma distância de 5,4 m do centro. O brinquedo é ligado e logo atinge a velocidade normal de funcionamento, na qual completa uma volta a cada 6,0 s. Qual deve ser, no mínimo, o coeficiente de atrito estático entre o gato e o carrossel para que o gato permaneça no mesmo lugar, sem escorregar?

•42 Suponha que o coeficiente de atrito estático entre a estrada e os pneus de um carro é 0,60 e não há sustentação negativa. Que velocidade deixa o carro na iminência de derrapar quando faz uma curva não compensada com 30,5 m de raio?

•43 Qual é o menor raio de uma curva sem compensação (plana) que permite que um ciclista a 29 km/h faça a curva sem derrapar se o coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista é 0,32?

•44 Durante uma corrida de trenós nas Olimpíadas de Inverno, a equipe jamaicana fez uma curva com 7,6 m de raio a uma velocidade de 96,6 km/h. Qual foi a aceleração em unidades de g ?

•45  Um estudante que pesa 667 N está sentado, com as costas eretas, em uma roda-gigante em movimento. No ponto mais alto, o módulo da força normal \vec{F}_N exercida pelo assento sobre o estudante é 556 N. (a) O estudante se sente mais “leve” ou mais “pesado” nesse ponto? (b) Qual é o módulo de \vec{F}_N no ponto mais baixo? Se a velocidade da roda-gigante é duplicada, qual é o módulo F_N da força normal (c) no ponto mais alto e (d) no ponto mais baixo?

•46 Uma policial de 55,0 kg, que está perseguindo, de carro, um suspeito, faz uma curva circular de 300 m de raio a uma velocidade escalar constante de 80 km/h. Determine (a) o módulo e (b) o ângulo (em relação à vertical) da força *resultante* que a policial exerce sobre o assento do carro. (*Sugestão*: Considere as forças horizontais e verticais.)

•47  Um viciado em movimentos circulares, com 80 kg de massa, está andando em uma roda-gigante que descreve uma circunferência vertical de 10 m de raio a uma velocidade escalar constante de 6,1 m/s. (a) Qual é o período do movimento? Qual é o módulo da força normal exercida pelo assento sobre o viciado quando ambos passam (b) pelo ponto mais alto da trajetória circular e (c) pelo ponto mais baixo?

•48  Um carro de montanha-russa tem massa de 1200 kg quando está lotado. Quando o carro passa pelo alto de uma elevação circular com 18 m de raio, a velocidade escalar se mantém constante. Nesse instante, quais são (a) o módulo F_N e (b) o sentido (para cima ou para baixo) da força normal exercida pelo trilho sobre o carro se a velocidade do carro é $v = 11$ m/s? Quais são (c) F_N e (d) o sentido da força normal se $v = 14$ m/s?

•49 Na Fig. 6-39, um carro passa com velocidade constante por uma colina circular e por um vale circular de mesmo raio. No alto da colina, a força normal exercida sobre o motorista pelo assento do carro é zero. A massa do motorista é de 70,0 kg. Qual é o módulo da força normal exercida pelo assento sobre o motorista quando o carro passa pelo fundo do vale?

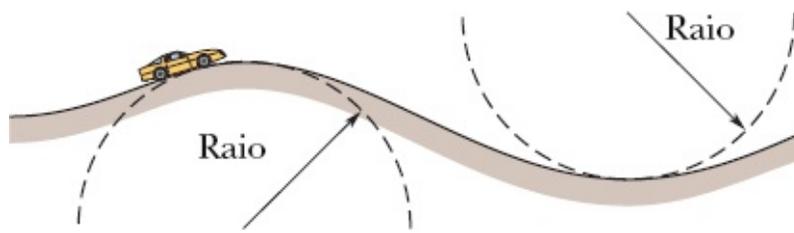


Figura 6-39 Problema 49.

••50 Um passageiro, de 85,0 kg, descreve uma trajetória circular de raio $r = 3,50$ m em movimento circular uniforme. (a) A Fig. 6-40a mostra um gráfico do módulo F da força centrípeta em função da velocidade v do passageiro. Qual é a inclinação do gráfico para $v = 8,30$ m/s? (b) A Fig. 6-40b mostra um gráfico do módulo F da força em função de T , que é o período do movimento. Qual é a inclinação do gráfico para $T = 2,50$ s?

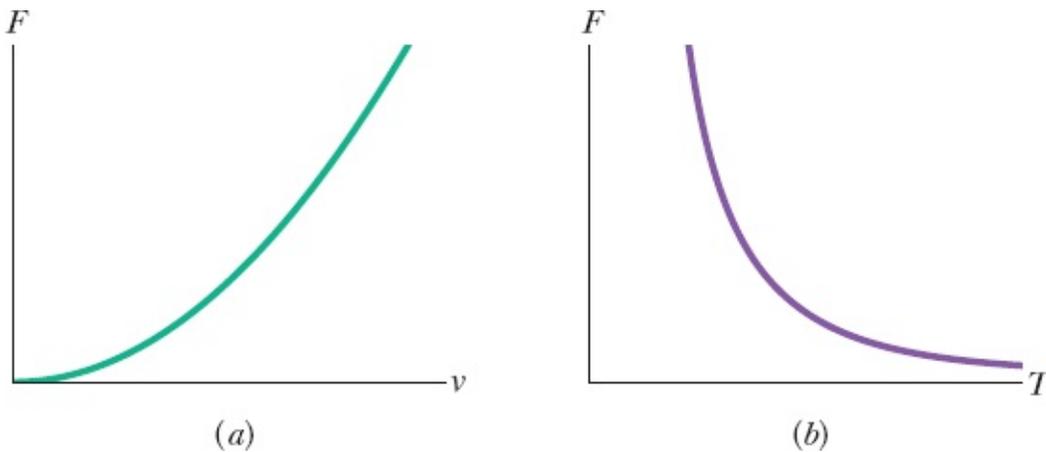


Figura 6-40 Problema 50.

••51 Um avião está voando em uma circunferência horizontal a uma velocidade de 480 km/h (Fig. 6-41). Se as asas estão inclinadas de um ângulo $\theta = 40^\circ$ com a horizontal, qual é o raio da circunferência? Suponha que a força necessária para manter o avião nessa trajetória resulte inteiramente de uma “sustentação aerodinâmica” perpendicular à superfície das asas.

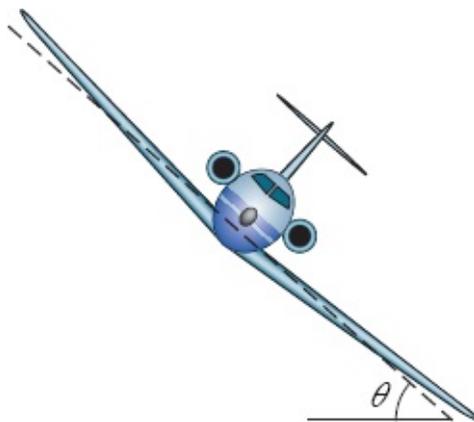


Figura 6-41 Problema 51.

••52  Em um brinquedo de parque de diversões, um carro se move em uma circunferência vertical na

extremidade de uma haste rígida de massa desprezível. O peso do carro com os passageiros é 5,0 kN e o raio da circunferência é 10 m. No ponto mais alto da circunferência, qual é (a) o módulo F_H e (b) qual é o sentido (para cima ou para baixo) da força exercida pela haste sobre o carro se a velocidade do carro é $v = 5,0$ m/s? (c) Qual é F_H e (d) qual é o sentido da força se $v = 12$ m/s?

••53 Um bonde antigo dobra uma esquina fazendo uma curva plana com 9,1 m de raio a 16 km/h. Qual é o ângulo que as alças de mão penduradas no teto fazem com a vertical?

••54  Ao projetar brinquedos para parques de diversões que fazem movimentos circulares, os engenheiros mecânicos devem levar em conta o fato de que pequenas variações de certos parâmetros podem alterar significativamente a força experimentada pelos passageiros. Considere um passageiro de massa m que descreve uma trajetória circular de raio r com velocidade v . Determine a variação dF do módulo da força para (a) uma variação dr do raio da trajetória, sem que v varie; (b) uma variação dv da velocidade, sem que r varie; (c) uma variação dT do período, sem que r varie.

••55 Um parafuso está enroscado em uma das extremidades de uma haste fina horizontal que gira em torno da outra extremidade. Um engenheiro monitora o movimento iluminando o parafuso e a haste com uma lâmpada estroboscópica e ajustando a frequência dos lampejos até que o parafuso pareça estar nas mesmas oito posições a cada rotação completa da haste (Fig. 6-42). A frequência dos lampejos é 2000 por segundo; a massa do parafuso é 30 g e a haste tem 3,5 cm de comprimento. Qual é o módulo da força exercida pela haste sobre o parafuso?

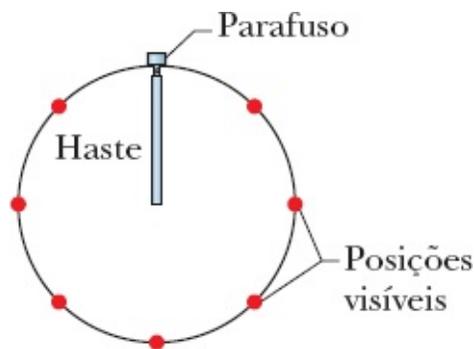


Figura 6-42 Problema 55.

••56 Uma curva circular compensada de uma rodovia foi planejada para uma velocidade de 60 km/h. O raio da curva é de 200 m. Em um dia chuvoso, a velocidade dos carros diminui para 40 km/h. Qual é o menor coeficiente de atrito entre os pneus e a estrada para que os carros façam a curva sem derrapar? (Suponha que os carros não possuem sustentação negativa.)

••57 Um disco de metal, de massa $m = 1,50$ kg, descreve uma circunferência de raio $r = 20,0$ cm em uma mesa sem atrito enquanto permanece ligado a um cilindro de massa $M = 2,50$ kg pendurado por um fio que passa por um furo no centro da mesa (Fig. 6-43). Que velocidade do disco mantém o cilindro em repouso?

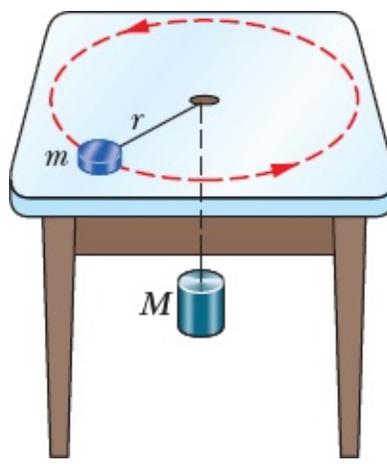


Figura 6-43 Problema 57.

••58  *Frear ou desviar?* A Fig. 6-44 mostra uma vista de cima de um carro que se aproxima de um muro. Suponha que o motorista começa a frear quando a distância entre o carro e o muro é $d = 107$ m, que a massa do carro é $m = 1400$ kg, que a velocidade inicial é $v_0 = 35$ m/s e que o coeficiente de atrito estático é $\mu_s = 0,50$. Suponha também que o peso do carro está distribuído igualmente pelas quatro rodas, mesmo durante a frenagem. (a) Qual é o valor mínimo do módulo da força de atrito estático (entre os pneus e o piso) para que o carro pare antes de se chocar com o muro? (b) Qual é o valor máximo possível da força de atrito estático $f_{s,máx}$? (c) Se o coeficiente de atrito cinético entre os pneus (com as rodas bloqueadas) e o piso é $\mu_k = 0,40$, com que velocidade o carro se choca com o muro? O motorista também pode tentar se desviar do muro, como mostra a figura. (d) Qual é o módulo da força de atrito necessária para fazer o carro descrever uma trajetória circular de raio d e velocidade v_0 para que o carro descreva um quarto de circunferência e tangencie o muro? (e) A força calculada no item (d) é menor que $f_{s,máx}$, o que evitaria o choque?

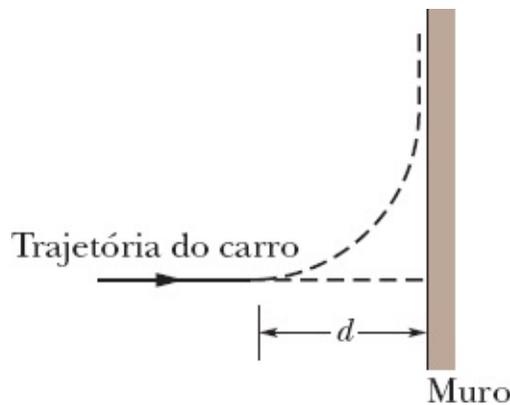


Figura 6-44 Problema 58.

•••59 Na Fig. 6-45, uma bola de $1,34$ kg é ligada por meio de dois fios, de massa desprezível, cada um de comprimento $L = 1,70$ m, a uma haste vertical giratória. Os fios estão amarrados à haste a uma distância $d = 1,70$ m um do outro e estão esticados. A tração do fio de cima é 35 N. Determine (a) a tração do fio de baixo; (b) o módulo da força resultante \vec{F}_{res} a que está sujeita a bola; (c) a velocidade escalar da bola; (d) a direção de \vec{F}_{res} .

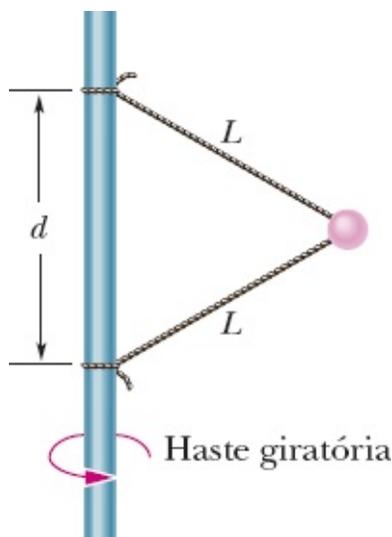


Figura 6-45 Problema 59.

Problemas Adicionais

60 Na Fig. 6-46, uma caixa com formigas vermelhas (massa total $m_1 = 1,65 \text{ kg}$) e uma caixa com formigas pretas (massa total $m_2 = 3,30 \text{ kg}$) deslizam para baixo em um plano inclinado, ligadas por uma haste sem massa paralela ao plano. O ângulo de inclinação é $\theta = 30^\circ$. O coeficiente de atrito cinético entre a caixa com formigas vermelhas e a rampa é $\mu_1 = 0,226$; entre a caixa com formigas pretas e a rampa é $\mu_2 = 0,113$. Calcule (a) a tração da haste e (b) o módulo da aceleração comum das duas caixas. (c) Como as respostas dos itens (a) e (b) mudariam se as posições das caixas fossem invertidas?

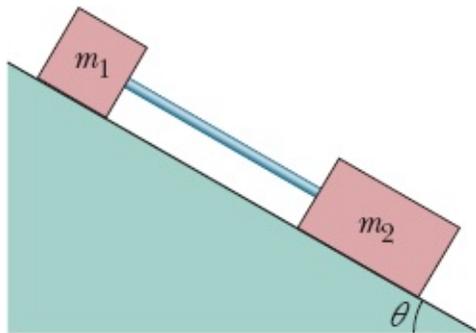


Figura 6-46 Problema 60.

61 Um bloco de massa $m_a = 4,0 \text{ kg}$ é colocado em cima de outro bloco de massa $m_b = 5,0 \text{ kg}$. Para fazer o bloco de cima deslizar no bloco de baixo enquanto o segundo é mantido fixo, é preciso aplicar ao bloco de cima uma força horizontal de no mínimo 12 N . O conjunto de blocos é colocado em uma mesa horizontal sem atrito (Fig. 6-47). Determine o módulo (a) da maior força horizontal \vec{F} que pode ser aplicada ao bloco de baixo sem que os blocos deixem de se mover juntos e (b) a aceleração resultante dos blocos.

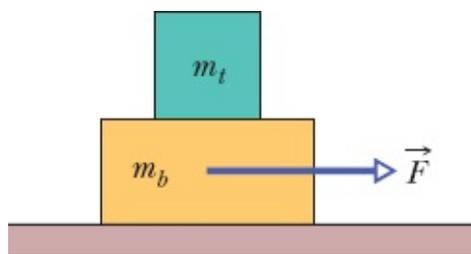


Figura 6-47 Problema 61.

62 Uma pedra de 5,00 kg é deslocada em contato com o teto horizontal de uma caverna (Fig. 6-48). Se o coeficiente de atrito cinético é 0,65 e a força aplicada à pedra faz um ângulo $\theta = 70^\circ$ para cima com a horizontal, qual deve ser o módulo para que a pedra se mova com velocidade constante?

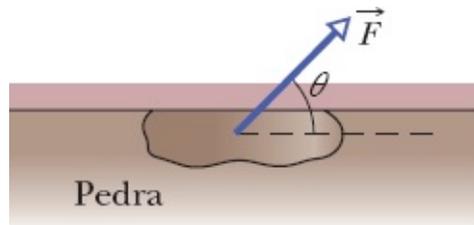


Figura 6-48 Problema 62.

63  Na Fig. 6-49, uma alpinista de 49 kg está subindo por uma “chaminé”. O coeficiente de atrito estático entre as botas e a pedra é 1,2; entre as costas e a pedra é 0,80. A alpinista reduziu a força que está fazendo contra a pedra até se encontrar na iminência de escorregar. (a) Desenhe um diagrama de corpo livre da moça. (b) Qual é o módulo da força que a moça exerce contra a pedra? (c) Que fração do peso da moça é sustentada pelo atrito dos sapatos?



Figura 6-49 Problema 63.

64 Um vagão de um trem de alta velocidade faz uma curva horizontal de 470 m de raio, sem compensação, com velocidade constante. Os módulos das componentes horizontal e vertical da força que

o vagão exerce sobre um passageiro de 51,0 kg são 210 N e 500 N, respectivamente. (a) Qual é o módulo da força resultante (de *todas* as forças) sobre o passageiro? (b) Qual é a velocidade do vagão?

65 ~~Fig. 6-48~~ *Continuação dos Problemas 8 e 37.* Outra explicação é que as pedras se movem apenas quando a água que cai na região durante uma tempestade congela, formando uma fina camada de gelo. As pedras ficam presas no gelo. Quando o vento sopra, o gelo e as pedras são arrastados e as pedras deixam as trilhas. O módulo da força de arrasto do ar sobre essa “vela de gelo” é dado por $D_{\text{gelo}} = 4C_{\text{gelo}}\rho A_{\text{gelo}}v^2$, em que C_{gelo} é o coeficiente de arrasto ($2,0 \times 10^{-3}$), ρ é a massa específica do ar ($1,21 \text{ kg/m}^3$), A_{gelo} é a área horizontal da camada de gelo e v é a velocidade do vento.

Suponha o seguinte: A camada de gelo mede 400 m por 500 m por 4,0 mm e tem um coeficiente de atrito cinético 0,10 com o solo e uma massa específica de 917 kg/m^3 . Suponha ainda que 100 pedras iguais à do Problema 8 estão presas no gelo. Qual é a velocidade do vento necessária para manter o movimento da camada de gelo (a) nas proximidades da camada e (b) a uma altura de 10 m? (c) Esses valores são razoáveis para ventos fortes durante uma tempestade?

66 Na Fig. 6-50, o bloco 1, de massa $m_1 = 2,0 \text{ kg}$, e o bloco 2, de massa $m_2 = 3,0 \text{ kg}$, estão ligados por um fio, de massa desprezível, e são inicialmente mantidos em repouso. O bloco 2 está em uma superfície sem atrito com uma inclinação $\theta = 30^\circ$. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco 1 e a superfície horizontal é 0,25. A polia tem massa e atrito desprezíveis. Ao serem liberados, os blocos entram em movimento. Qual é a tração do fio?

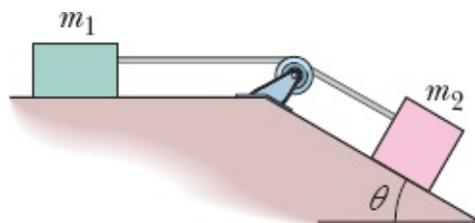


Figura 6-50 Problema 66.

67 Na Fig. 6-51, um caixote escorrega para baixo em uma vala inclinada cujos lados fazem um ângulo reto. O coeficiente de atrito cinético entre o caixote e a vala é μ_k . Qual é a aceleração do caixote em função de μ_k , θ e g ?

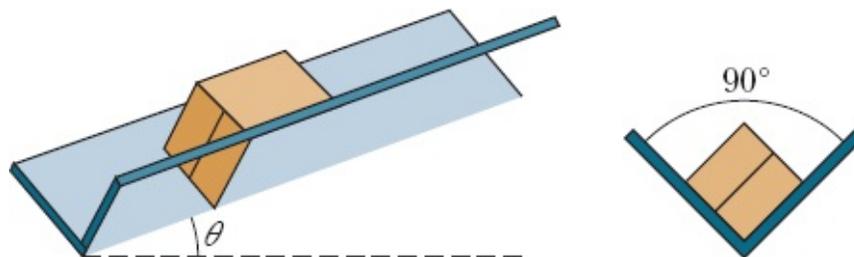


Figura 6-51 Problema 67.

68 *Projetando uma curva de uma rodovia.* Se um carro entra muito depressa em uma curva, ele tende a derrapar. No caso de uma curva compensada com atrito, a força de atrito que age sobre um carro em alta

velocidade se opõe à tendência do carro de derrapar para fora da estrada; a força aponta para o lado mais baixo da pista (o lado para o qual a água escoaria). Considere uma curva circular, de raio $R = 200$ m e ângulo de compensação θ , na qual o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o pavimento é μ_s . Um carro (sem sustentação negativa) começa a fazer a curva, como mostra a Fig. 6-11. (a) Escreva uma expressão para a velocidade do carro $v_{\text{máx}}$ que o coloca na iminência de derrapar. (b) Plote, no mesmo gráfico, $v_{\text{máx}}$ em função de θ para o intervalo de 0° a 50° , primeiro para $\mu_s = 0,60$ (pista seca), e depois para $\mu_s = 0,050$ (pista molhada). Calcule $v_{\text{máx}}$, em km/h, para um ângulo de compensação $\theta = 10^\circ$ e para (c) $\mu_s = 0,60$ e (d) $\mu_s = 0,050$. (Agora você pode entender por que ocorrem acidentes nas curvas das estradas quando os motoristas não percebem que a estrada está molhada e continuam dirigindo à velocidade normal.)

69 Um estudante, enlouquecido pelos exames finais, usa uma força \vec{P} de módulo 80 N e ângulo $\theta = 70^\circ$ para empurrar um bloco de 5,0 kg no teto do quarto (Fig. 6-52). Se o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o teto é 0,40, qual é o módulo da aceleração do bloco?

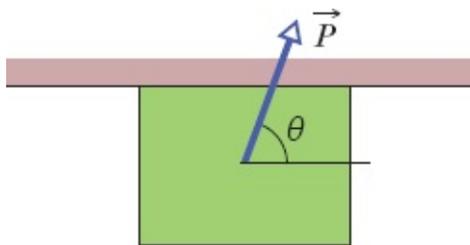


Figura 6-52 Problema 69.

70 A Fig. 6-53 mostra um *pêndulo cônico*, no qual um peso (pequeno objeto na extremidade inferior da corda) se move em uma circunferência horizontal com velocidade constante. (A corda descreve um cone quando o peso gira.) O peso tem massa de 0,040 kg, a corda tem comprimento $L = 0,90$ m e massa desprezível, e o peso descreve uma circunferência de 0,94 m. Determine (a) a tração da corda e (b) o período do movimento.

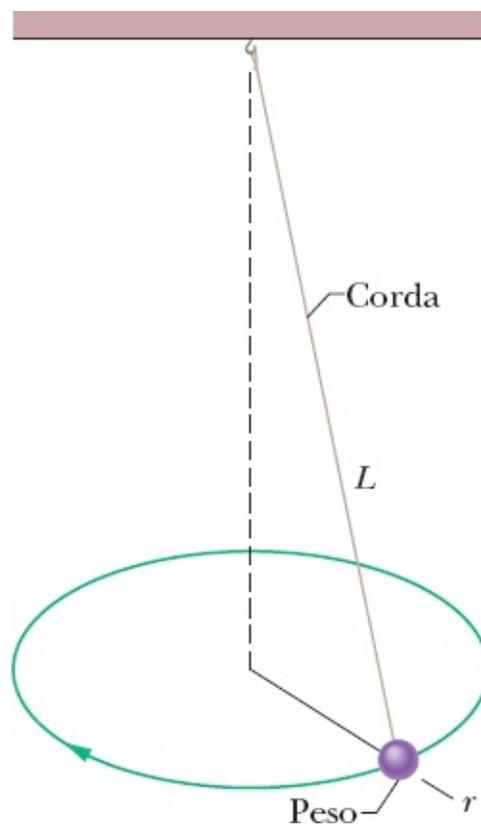


Figura 6-53 Problema 70.

71 Um bloco de aço de 8,00 kg repousa em uma mesa horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a mesa é 0,450. Uma força é aplicada ao bloco. Calcule, com três algarismos significativos, o módulo da força se ela deixa o bloco na iminência de deslizar quando é dirigida (a) horizontalmente, (b) para cima, formando um ângulo de $60,0^\circ$ com a horizontal e (c) para baixo, formando um ângulo de $60,0^\circ$ com a horizontal.

72 Uma caixa de enlatados escorrega em uma rampa do nível da rua até o subsolo de um armazém com uma aceleração de $0,75 \text{ m/s}^2$ dirigida para baixo ao longo da rampa. A rampa faz um ângulo de 40° com a horizontal. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a rampa?

73 Na Fig. 6-54, o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano inclinado é 0,20 e o ângulo θ é 60° . Quais são (a) o módulo a e (b) o sentido (para cima ou para baixo ao longo do plano) da aceleração do bloco se ele está escorregando para baixo? Quais são (c) o módulo a e (d) o sentido da aceleração se o bloco está escorregando para cima?

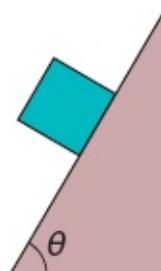


Figura 6-54 Problema 73.

74 Um disco de metal de 110 g que desliza no gelo é parado em 15 m pela força de atrito que o gelo exerce sobre o disco. (a) Se a velocidade inicial do disco é 6,0 m/s, qual é o módulo da força de atrito? (b) Qual é o coeficiente de atrito entre o disco e o gelo?

75 Uma locomotiva acelera um trem de 25 vagões em uma linha férrea plana. Cada vagão possui massa de $5,0 \times 10^4$ kg e está sujeito a uma força de atrito $f = 250v$, em que a velocidade v está em metros por segundo e a força f está em newtons. No instante em que a velocidade do trem é de 30 km/h, o módulo da aceleração é $0,20$ m/s². (a) Qual é a tração no engate entre o primeiro vagão e a locomotiva? (b) Se essa tração é igual à força máxima que a locomotiva pode exercer sobre o trem, qual é o maior aclave que a linha férrea pode ter para que a locomotiva consiga puxar o trem a 30 km/h?

76 Uma casa é construída no alto de uma colina, perto de uma encosta com uma inclinação $\theta = 45^\circ$ (Fig. 6-55). Um estudo de engenharia indica que o ângulo do declive deve ser reduzido porque as camadas superiores do solo podem deslizar em relação às camadas inferiores. Se o coeficiente de atrito estático entre as camadas é 0,5, qual é o menor ângulo θ de que a inclinação atual deve ser reduzida para evitar deslizamentos?

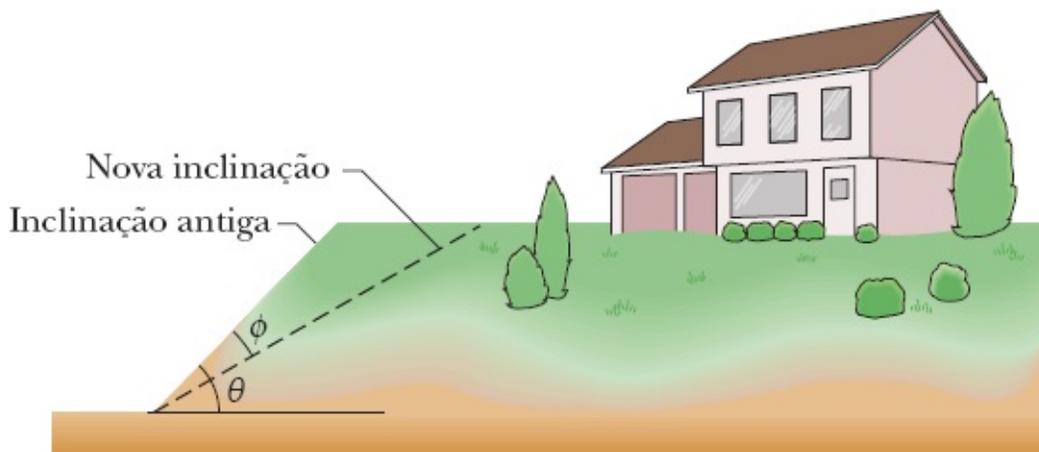


Figura 6-55 Problema 76.

77 Qual é a velocidade terminal de uma bola esférica de 6,00 kg que possui um raio de 3,00 cm e um coeficiente de arrasto de 1,60? A massa específica do ar no local onde a bola está caindo é $1,20$ kg/m³.

78 Uma estudante pretende determinar os coeficientes de atrito estático e atrito cinético entre uma caixa e uma tábua. Para isso, ela coloca a caixa sobre a tábua e levanta lentamente uma das extremidades da tábua. Quando o ângulo de inclinação em relação à horizontal chega a 30° , a caixa começa a escorregar e percorre 2,5 m ao longo da tábua em 4,0 s, com aceleração constante. Quais são (a) o coeficiente de atrito estático e (b) o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a tábua?

79 O bloco A da Fig. 6-56 tem massa $m_A = 4,0$ kg e o bloco B tem massa $m_B = 2,0$ kg. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco B e o plano horizontal é $\mu_k = 0,50$. O ângulo do plano inclinado sem atrito é $\theta = 30^\circ$. A polia serve apenas para mudar a direção do fio que liga os blocos. O fio tem massa desprezível. Determine (a) a tração do fio e (b) o módulo da aceleração dos blocos.

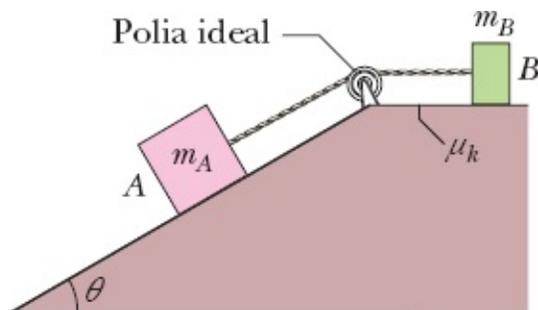


Figura 6-56 Problema 79.

80 Calcule o módulo da força de arrasto a que está sujeito um míssil de 53 cm de diâmetro voando a 250 m/s em baixa altitude. Suponha que a massa específica do ar é $1,2 \text{ kg/m}^3$ e o coeficiente de arrasto C é 0,75.

81 Um ciclista se move em um círculo de 25,0 m de raio a uma velocidade constante de 9,00 m/s. A massa do conjunto ciclista-bicicleta é 85,0 kg. Calcule o módulo (a) da força de atrito que a pista exerce sobre a bicicleta e (b) da força *resultante* que a pista exerce sobre a bicicleta.

82 Na Fig. 6-57, um carro (sem sustentação negativa), dirigido por um dublê, passa pelo alto de um morro cuja seção transversal pode ser aproximada por uma circunferência de raio $R = 250 \text{ m}$. Qual é a maior velocidade para a qual o carro não perde contato com a estrada no alto do morro?

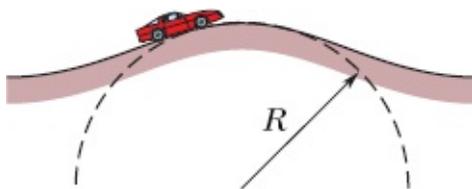


Figura 6-57 Problema 82.

83 Você precisa empurrar um caixote até um atracadouro. O caixote pesa 165 N. O coeficiente de atrito estático entre o caixote e o piso é 0,51, e o coeficiente de atrito cinético é 0,32. A força que você exerce sobre o caixote é horizontal. (a) Qual deve ser o módulo da força para que o caixote comece a se mover? (b) Qual deve ser o módulo da força, depois que o caixote começa a se mover, para que se mova com velocidade constante? (c) Se, depois que o caixote começar a se mover, o módulo da força tiver o valor calculado em (a), qual será o módulo da aceleração do caixote?

84 Na Fig. 6-58, uma força \vec{F} é aplicada a um caixote de massa m que repousa em um piso; o coeficiente de atrito estático entre o caixote e o piso é μ_s . O ângulo θ é inicialmente 0° , mas é gradualmente aumentado, fazendo com que a direção da força gire no sentido horário. Durante a rotação, a intensidade da força é continuamente ajustada para que o caixote permaneça na iminência de se mover. Para $\mu_s = 0,70$, (a) plote a razão F/mg em função de θ e (b) determine o ângulo θ_{inf} para o qual a razão se torna infinita. (c) Se o piso é lubrificado, o valor de θ_{inf} aumenta, diminui, ou permanece inalterado? (d) Qual é o valor de θ_{inf} para $\mu_s = 0,60$?

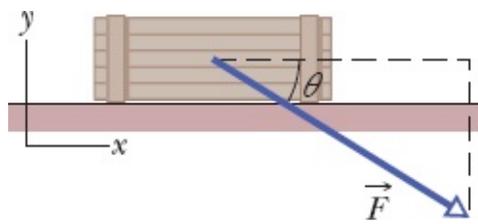


Figura 6-58 Problema 84.

85 Durante a tarde, um carro é estacionado em uma ladeira que faz um ângulo de $35,0^\circ$ com a horizontal. Nesse momento, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é $0,725$. Quando anoitece, começa a nevar e o coeficiente de atrito diminui, tanto por causa da neve como por causa das mudanças químicas do pavimento causadas pela queda de temperatura. Qual deve ser a redução percentual do coeficiente de atrito para que o carro comece a escorregar ladeira abaixo?

86  Um menino com uma funda coloca uma pedra ($0,250$ kg) na bolsa ($0,010$ kg) da funda e faz girar a pedra e a bolsa em uma circunferência vertical de raio $0,650$ m. A corda entre a bolsa e a mão do menino tem massa desprezível e arrebentará se a tração exceder $33,0$ N. Suponha que o menino aumente aos poucos a velocidade da pedra. (a) A corda vai arrebentar no ponto mais baixo da circunferência ou no ponto mais alto? (b) Para qual valor da velocidade da pedra a corda vai arrebentar?

87 Um carro com $10,7$ kN de peso, viajando a $13,4$ m/s sem sustentação negativa, tenta fazer uma curva não compensada com um raio de $61,0$ m. (a) Qual é a força de atrito entre os pneus e a estrada necessária para manter o carro em uma trajetória circular? (b) Se o coeficiente de atrito estático entre os pneus e a estrada é $0,350$, o carro consegue fazer a curva sem derrapar?

88 Na Fig. 6-59, o bloco 1 de massa $m_1 = 2,0$ kg e o bloco 2 de massa $m_2 = 1,0$ kg estão ligados por um fio, de massa desprezível. O bloco 2 é empurrado por uma força \vec{F} de módulo 20 N que faz um ângulo $\theta = 35^\circ$ com a horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre cada bloco e a superfície horizontal é $0,20$. Qual é a tração do fio?

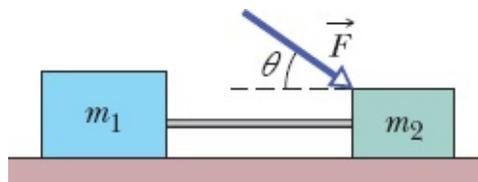


Figura 6-59 Problema 88.

89 Um pequeno armário com 556 N de peso está em repouso. O coeficiente de atrito estático entre o armário e o piso é $0,68$ e o coeficiente de atrito cinético é $0,56$. Em quatro diferentes tentativas de deslocá-lo, o armário é empurrado por forças horizontais de módulos (a) 222 N, (b) 334 N, (c) 445 N e (d) 556 N. Para cada tentativa, calcule o módulo da força de atrito exercida pelo piso sobre o armário. (Em cada tentativa, o armário está inicialmente em repouso.) (e) Em quais das tentativas o armário se move?

90 Na Fig. 6-60, um bloco com 22 N de peso é mantido em repouso contra uma parede vertical por uma

força horizontal \vec{F} de módulo 60 N. O coeficiente de atrito estático entre a parede e o bloco é 0,55 e o coeficiente de atrito cinético é 0,38. Em seis experimentos, uma segunda força \vec{P} é aplicada ao bloco, paralelamente à parede, com os seguintes módulos e sentidos: (a) 34 N para cima, (b) 12 N para cima, (c) 48 N para cima, (d) 62 N para cima, (e) 10 N para baixo e (f) 18 N para baixo. Qual é o módulo da força de atrito que age sobre o bloco em cada experimento? Em que experimentos o bloco se move (g) para cima e (h) para baixo? (i) Em que experimentos a força de atrito é para baixo?

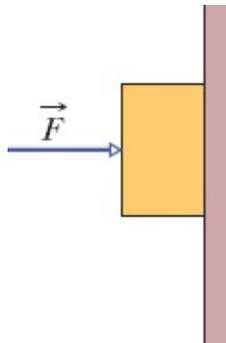


Figura 6-60 Problema 90.

91 Um bloco escorrega para baixo com velocidade constante em um plano inclinado de ângulo θ . Em seguida, o bloco é lançado para cima no mesmo plano com velocidade inicial v_0 . (a) Que distância o bloco sobe até parar? (b) Depois de parar, o bloco torna a escorregar para baixo? Justifique sua resposta.

92 Uma curva circular em uma rodovia é projetada para uma velocidade máxima de 60 km/h. Suponha que os carros não possuem sustentação negativa. (a) Se o raio da curva é 150 m, qual é o ângulo de compensação correto? (b) Se a curva não fosse compensada, qual deveria ser o valor mínimo do coeficiente de atrito entre os pneus e o piso para que os carros não derrapassem ao entrarem na curva a 60 km/h?

93 Uma caixa de 1,5 kg está em repouso em uma superfície quando, em $t = 0$, uma força horizontal $\vec{F} = (1,8t)\hat{i}$ N (com t em segundos) é aplicada à caixa. A aceleração da caixa em função do tempo t é dada por $\vec{a} = 0$ para $0 \leq t \leq 2,8$ s e $\vec{a} = (1,2t - 2,4)\hat{i}$ m/s² para $t > 2,8$ s. (a) Qual é o coeficiente de atrito estático entre a caixa e a superfície? (b) Qual é o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a superfície?

94 Uma criança com 140 N de peso está sentada no alto de um escorrega que faz um ângulo de 25° com a horizontal. A criança se mantém no mesmo lugar segurando os lados do escorrega. Quando solta as mãos, ela adquire uma aceleração constante de 0,86 m/s² (dirigida para baixo, naturalmente). Qual é o coeficiente de atrito cinético entre a criança e o escorrega? (b) Que valores máximo e mínimo do coeficiente de atrito estático entre a criança e o escorrega são compatíveis com as informações do enunciado?

95 Na Fig. 6-61, um faxineiro caprichoso limpa o piso aplicando ao cabo do esfregão uma força \vec{F} . O cabo faz um ângulo θ com a vertical, e μ_s e μ_k são os coeficientes de atrito estático e cinético entre o esfregão e o piso. Ignore a massa do cabo e suponha que toda a massa m do esfregão está concentrada no pano de chão. (a) Se o pano de chão se move ao longo do piso com velocidade constante, qual é o valor

de F ? (b) Mostre que, se θ for menor que um determinado valor θ_0 , a força \vec{F} (ainda orientada ao longo do cabo) será insuficiente para fazer o pano de chão se mover. Determine θ_0 .

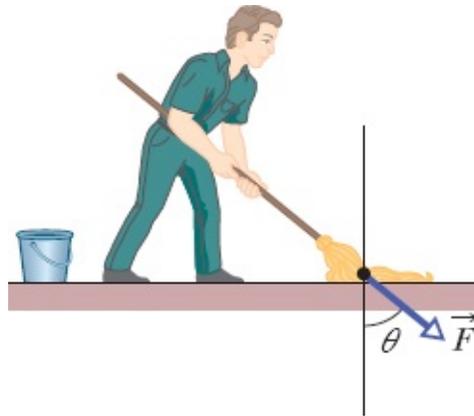


Figura 6-61 Problema 95.

96 Uma criança coloca uma cesta de piquenique na borda de um carrossel com 4,6 m de raio que dá uma volta completa a cada 30 s. (a) Qual é a velocidade de um ponto da borda do carrossel? (b) Qual é o menor valor do coeficiente de atrito estático entre a cesta e o carrossel para que a cesta não saia do lugar?

97 Um operário aplica uma força constante, de módulo 85 N, a uma caixa de 40 kg que está inicialmente em repouso no piso horizontal de um armazém. Após a caixa ter percorrido uma distância de 1,4 m, sua velocidade é 1,0 m/s. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e o piso?

98 Na Fig. 6-62, um bloco de 5,0 kg se move para cima ao longo de um plano inclinado de ângulo $\theta = 37^\circ$ ao mesmo tempo em que sofre a ação de uma força horizontal \vec{F} de módulo 50 N. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é 0,30. Qual é (a) o módulo e (b) qual o sentido (para cima ou para baixo ao longo do plano inclinado) da aceleração do bloco? A velocidade inicial do bloco é 4,0 m/s. (c) Que distância o bloco sobe no plano? (d) Depois de atingir o ponto mais alto, o bloco permanece em repouso ou escorrega para baixo?

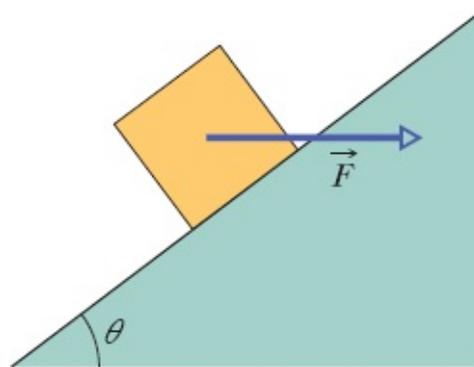


Figura 6-62 Problema 98.

99 Um bloco de aço, de 11 kg, está em repouso em uma mesa horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a mesa é 0,52. (a) Qual é o módulo da força horizontal que coloca o bloco na iminência

de se mover? (b) Qual é o módulo de uma força que, atuando 60° acima da horizontal, coloca o bloco na iminência de se mover? (c) Qual é o módulo de uma força que, atuando 60° abaixo da horizontal, coloca o bloco na iminência de se mover?

100 Um esqui adere à neve quando é deixado em repouso. Quando o esqui se desloca na neve, porém, o atrito o aquece e derrete parcialmente a neve, reduzindo o coeficiente de atrito cinético e facilitando o deslizamento. Encerar o esqui torna-o repelente à água e reduz ainda mais o atrito com a camada de água. Uma loja anuncia que um novo tipo de esqui de plástico é especialmente repelente à água e que, em um declive moderado de 200 m nos Alpes, um esquiador reduziu o tempo de descida de 61 s com esquis convencionais para 42 s com os novos esquis. Determine o módulo da aceleração média do esquiador (a) com os esquis convencionais e (b) com os novos esquis. Supondo uma inclinação de $3,0^\circ$, calcule o coeficiente de atrito cinético (c) para os esquis convencionais e (d) para os novos esquis.

101 Brincando nas vizinhanças do canteiro de obras de uma estrada, uma criança cai em uma encosta que faz um ângulo de 35° com a horizontal. Enquanto escorrega encosta *abaixo*, a criança sofre uma aceleração *para cima* com um módulo de $0,50 \text{ m/s}^2$. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre a criança e a encosta?

102 Uma força de 100 N, que faz um ângulo θ para cima com um piso horizontal, é aplicada a uma cadeira de 25,0 kg em repouso no piso. Se $\theta = 0^\circ$, determine (a) a componente horizontal F_h da força aplicada e (b) o módulo F_N da força normal exercida pelo piso sobre a cadeira. Se $\theta = 30,0^\circ$, determine (c) F_h e (d) F_N . Se $\theta = 60,0^\circ$, determine (e) F_h e (f) F_N . Suponha que o coeficiente de atrito estático entre a cadeira e o piso é 0,420. A cadeira escorrega ou permanece em repouso se θ é (g) 0° , (h) $30,0^\circ$ e (i) $60,0^\circ$?

103 Uma corda pode suportar uma tração máxima de 40 N sem se partir. Uma criança amarra uma pedra de 0,37 kg em uma das extremidades da corda e, segurando a outra extremidade, faz a pedra girar em uma circunferência vertical de 0,91 m de raio, aumentando lentamente a velocidade até a corda arrebentar. (a) Em que ponto da trajetória está a pedra quando a corda arrebenta? (b) Qual é a velocidade da pedra quando a corda arrebenta?

104  Um trenó para quatro pessoas (massa total = 630 kg) desce um trecho retilíneo no alto de uma encosta. O trecho retilíneo tem 80,0 m de comprimento e uma inclinação constante de $10,2^\circ$ com a horizontal. Suponha que o efeito combinado do atrito e do arrasto do ar produz sobre o trenó uma força constante de 62,0 N para cima, paralela à encosta. Responda às perguntas a seguir usando três algarismos significativos. (a) Se a velocidade do trenó no início da reta é 6,20 m/s, quanto tempo o trenó leva para chegar ao final da reta? (b) Suponha que os ocupantes reduzam os efeitos do atrito e do arrasto do ar para 42,0 N. Para a mesma velocidade inicial, quanto tempo o trenó agora leva para descer o trecho retilíneo?

105 Um bloco de 40 N escorrega para baixo em uma rampa que faz um ângulo de 25° com a horizontal. Se a aceleração do bloco é $0,80 \text{ m/s}^2$ para cima, qual é o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a rampa?