

fica antes ou depois do raio vetor? Use um diagrama do corpo livre da bola para explicar suas respostas. (Note que a resistência do ar pode ser um fator.)

Q5.24 A força centrífuga não foi incluída nos diagramas indicados nas Figuras 5.28b e 5.29b. Explique por quê.

Q5.25 Um professor faz uma rolha de borracha girar na extremidade de um fio em um plano horizontal na sala de aula. Aproxima-se de Carolina, que está sentada na primeira fila, e diz que irá largar o fio quando a rolha estiver passando em frente do seu rosto. Carolina deve se preocupar?

Q5.26 Para manter dentro de certos limites as forças que atuam sobre os passageiros de uma montanha-russa, uma curva projetada para fazer uma volta completa (*loop-the-loop*) deve possuir, em vez de ser um círculo vertical perfeito, um raio de curvatura na base maior do que o raio de curvatura no topo. Explique.

Q5.27 Você joga uma bola de beisebol diretamente de baixo para cima. Se a resistência do ar *não* for desprezada, como se compara o tempo que a bola leva para subir do ponto de onde ela foi lançada até sua altura máxima e o tempo que ela leva para descer da sua altura máxima até o ponto onde ela foi lançada? Explique sua resposta.

Q5.28 A força de atrito sobre uma bola de beisebol é sempre oposta à sua velocidade mesmo quando um vento está soprando? Explique.

Q5.29 Quando pode uma bola de beisebol ter um componente da aceleração de baixo para cima? Explique em termos das forças sobre a bola e em termos dos componentes da velocidade em comparação com a velocidade terminal. A resistência do ar *não* deve ser desprezada.

Q5.30 Quando uma bola de beisebol se move com arraste do ar, ela leva mais tempo para subir até a altura máxima de sua trajetória ou para descer da altura máxima até o solo? Ou esse tempo é igual nos dois casos? Explique em termos das forças que atuam sobre a bola.

Q5.31 Quando uma bola de beisebol se move com arraste do ar, percorre uma distância horizontal maior quando ela sobe até a altura máxima de sua trajetória ou quando desce da altura máxima até o solo? Ou essa distância é igual nos dois casos? Explique em termos das forças que atuam sobre a bola.

Q5.32 “Uma bola é lançada da extremidade de uma montanha elevada. Independentemente do ângulo de lançamento, devido à resistência do ar, ela por fim acabará caindo verticalmente de cima para baixo.” Justifique essa afirmação.

EXERCÍCIOS

SEÇÃO 5.2 USO DA PRIMEIRA LEI DE NEWTON: PARTÍCULAS EM EQUILÍBRIO

5.1 Dois pesos de 25,0 N estão suspensos nas extremidades opostas de uma corda que passa sobre uma polia leve e sem atrito. O centro da polia está ligado a uma corrente presa ao teto. a) Qual a tensão na corda? b) Qual a tensão na corrente?

5.2 Na Figura 5.35, cada bloco suspenso possui peso w . As polias não possuem atrito e as cordas possuem peso desprezível. Calcule em cada caso a tensão T na corda em termos do peso w . Para cada caso inclua um diagrama do corpo livre ou diagramas necessários para obter sua resposta.

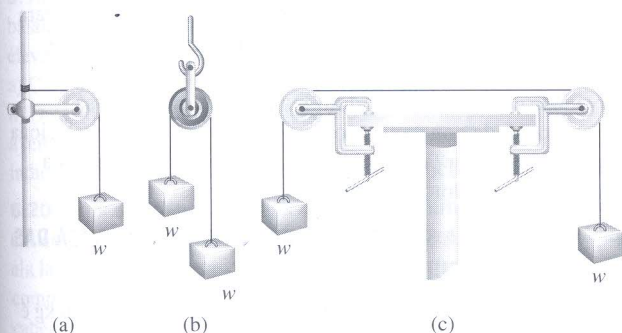


FIGURA 5.35 Exercício 5.2.

5.3 Um arqueólogo aventureiro passa de um rochedo para outro se deslocando lentamente com as mãos por meio de uma corda esticada entre os rochedos. Ele pára e fica em repouso no meio da corda (Figura 5.36). A corda se romperá se a tensão for maior do que $2,50 \times 10^4$ N e se a massa do nosso herói for de 90,0 kg. a) Se $\theta = 10,0^\circ$, qual é a tensão na corda? b) Qual deve ser o menor valor de θ para a corda não se romper?

5.4 Um quadro está suspenso em uma parede por dois fios ligados em seus cantos superiores. Se os dois fios fazem o mesmo ângulo com a vertical, qual deve ser o ângulo se a tensão em cada

fio for igual a 0,75 do peso do quadro? (Despreze o atrito entre a parede e o quadro.)

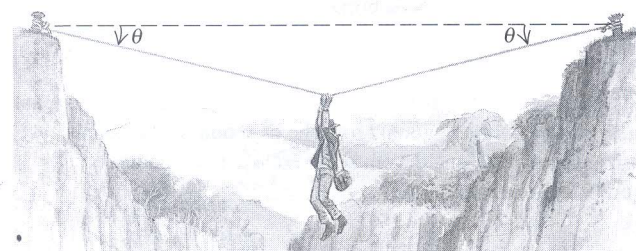


FIGURA 5.36 Exercício 5.3.

5.5 Resolva o problema do Exemplo 5.3 usando um sistema em que o eixo Ox seja horizontal e o eixo Oy seja vertical. Você encontra a mesma resposta usando esse conjunto diferente de eixos?

5.6 Uma rua de São Paulo possui uma inclinação de $17,5^\circ$ com a horizontal. Qual é a força paralela à rua necessária para impedir que um carro de 1390 kg desça a ladeira dessa rua?

5.7 Uma bola grande de um guindaste de demolição é mantida em equilíbrio por dois cabos de aço leves (Figura 5.37). Se a massa m da bola for igual a 4090 kg, qual é a) a tensão T_B no cabo que faz um ângulo de 40° com a vertical? b) a tensão T_A no cabo horizontal?

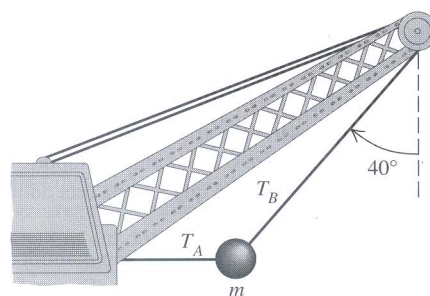


FIGURA 5.37 Exercício 5.7.

5.8 Ache a tensão em cada corda na Figura 5.38, sabendo que o peso suspenso é w .

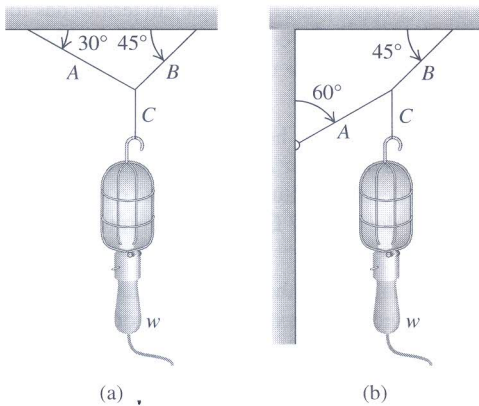


FIGURA 5.38 Exercício 5.8.

5.9 Quando você está dirigindo da sua casa à faculdade, seu carro (massa igual a 1600 kg) viaja a uma velocidade constante igual a 72 km/h sem nenhum vento. O exame de um mapa topográfico mostra que na auto-estrada por onde você passou a altura diminuiu de 200 m a cada 6000 m de percurso. Qual é a força resistiva total (atrito mais resistência do ar) que estava atuando sobre o carro quando ele se deslocava a 72 km/h?

5.10 Um homem empurra um piano de 180 kg de modo que ele desliza com velocidade constante para baixo de uma rampa inclinada de $11,0^\circ$ acima da horizontal. Despreze o atrito que atua sobre o piano. Se a força aplicada pelo homem for paralela ao plano inclinado, ache o módulo dessa força.

5.11 Na Figura 5.39, o peso suspenso w é igual a 60,0 N. a) Qual é a tensão na corda diagonal? b) Ache os módulos das forças horizontais \vec{F}_1 e \vec{F}_2 que devem ser exercidas para manter em equilíbrio esse sistema.

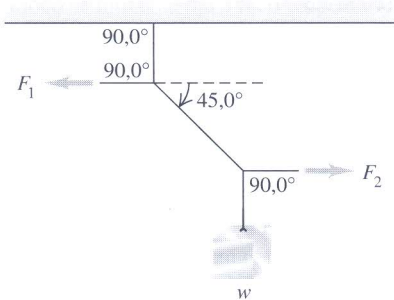


FIGURA 5.39 Exercício 5.11.

5.12 Uma bola está presa por um fio em um suporte vertical (Figura 5.40). Se o fio no qual a bola está amarrada possui comprimento de 1,40 m e a bola possui raio de 0,110 m e massa de 0,270 kg, qual é a tensão na corda e a força que o suporte exerce sobre a bola? Despreze o atrito entre o suporte e a bola. (O fio está amarrado de tal forma que a linha reta ao longo do fio passa pelo centro da bola.)

5.13 Dois blocos, cada um com peso w , são mantidos em equilíbrio em um plano inclinado sem atrito (Figura 5.41). Em termos de w e do ângulo α do plano inclinado, determine a

tensão a) na corda que conecta os dois blocos; b) na corda que conecta o bloco A com a parede. c) Calcule o módulo da força que o plano inclinado exerce sobre cada bloco. d) Interprete suas respostas para os casos $\alpha = 0$ e $\alpha = 90^\circ$.

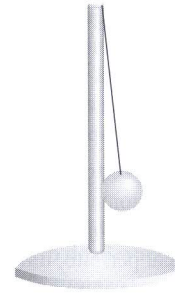


FIGURA 5.40 Exercício 5.12.

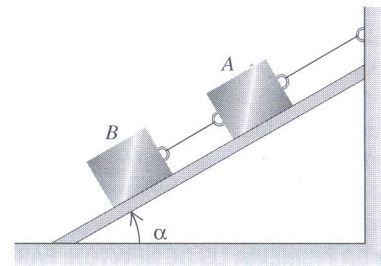


FIGURA 5.41 Exercício 5.13

5.14 Um avião voa em um plano horizontal com velocidade constante. Existem quatro forças atuando sobre ele: seu peso $w = mg$, uma força F orientada para a frente fornecida pelo motor (força de propulsão), a resistência do ar, ou força de arraste f , que atua em sentido contrário ao do movimento, e uma força de sustentação L oriunda das asas e que atua ortogonalmente à direção do voo. A força de arraste f é proporcional ao quadrado da velocidade. a) Mostre que $F = f$ e que $L = w$. b) Suponha que o piloto empurre a alavanca para a frente fazendo dobrar a propulsão F , enquanto mantém a altitude constante. O avião finalmente atinge uma outra velocidade constante de módulo mais elevado. Para essa nova velocidade constante, como o novo valor de f se relaciona com o antigo valor? c) Qual é a razão entre o novo valor da velocidade e o valor anterior?

SEÇÃO 5.3 USO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON: DINÂMICA DAS PARTÍCULAS

5.15 Máquina de atwood. Uma carga de tijolos com 15,0 kg é suspensa pela extremidade de uma corda que passa sobre uma pequena polia sem atrito. Um contrapeso de 28,0 kg está preso na outra extremidade da corda, conforme mostra a Figura 5.42. O sistema é libertado a partir do repouso. a) Desenhe um diagrama do corpo livre para a carga de tijolos e outro para o contrapeso. b) Qual é o módulo da aceleração de baixo para cima da carga de tijolos? c) Qual é a tensão na corda durante o movimento da carga? Como essa tensão é relacionada com a carga? Como essa tensão é relacionada com o contrapeso?

5.16 Um bloco de gelo de 8,00 kg é libertado a partir do repouso no topo de uma rampa sem atrito de comprimento igual a 1,50 m e desliza para baixo atingindo uma velocidade de 2,50 m/s na base da rampa. Qual é o ângulo entre a rampa e a horizontal?

Indique a região em que não ocorre nenhum movimento, o ponto no qual o bloco está na iminência de se mover, e a região em que o bloco está em movimento.

5.25 Um trabalhador empurra uma caixa com massa de 11,2 kg sobre uma superfície horizontal com velocidade constante igual a 3,50 m/s. O coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a superfície é igual a 0,20. a) Que força horizontal deve ser aplicada pelo trabalhador para manter o movimento? b) Se a força calculada em (a) fosse removida, qual seria a distância percorrida pela caixa até ela entrar em repouso?

5.26 Uma caixa com bananas pesando 40,0 N está em repouso sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito estático entre a caixa e a superfície é igual a 0,40, e o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a superfície é igual a 0,20. a) Se nenhuma força horizontal for aplicada sobre a caixa, quando ela estiver em repouso, qual será o valor da força de atrito exercida sobre a caixa? b) Se um macaco aplicar uma força horizontal de 6,0 N sobre a caixa, quando ela estiver em repouso, qual será o valor da força de atrito exercida sobre a caixa? c) Qual a força horizontal mínima que o macaco deve aplicar sobre a caixa para que ela comece a se mover? d) Qual a força horizontal mínima que o macaco deve aplicar sobre a caixa para que ela, depois de começar a se mover, possa se manter em movimento com velocidade constante? e) Se o macaco aplicar sobre a caixa uma força horizontal de 18,0 N, qual será o valor da força de atrito exercida sobre a caixa?

5.27 Em um laboratório de física, uma caixa com 6,00 kg é empurrada através de uma mesa larga por uma força horizontal \vec{F} . a) Se a caixa se move com velocidade constante igual a 0,350 m/s e o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a superfície é igual a 0,12, qual é o módulo de \vec{F} ? b) Qual é o módulo de \vec{F} quando a caixa aumenta de velocidade com uma aceleração constante de 0,180 m/s²? c) Quais seriam as mudanças das respostas dos itens (a) e (b) se essas experiências fossem realizadas na Lua, onde $g = 1,62 \text{ m/s}^2$?

5.28 Uma caixa de laranjas de 85 N está sendo empurrada ao longo de um piso horizontal. À medida que ela se move sua velocidade diminui a uma taxa constante de 0,90 m/s a cada segundo. A força aplicada possui componente horizontal de 20 N e um componente vertical de 25 N de cima para baixo. Calcule o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e piso.

5.29 Um cofre de 260 kg deve descer com velocidade constante de uma rampa de 20,0 m de comprimento do alto de um caminhão de 2,00 m de altura. a) Se o coeficiente de atrito cinético entre o cofre e a rampa for igual a 0,25, deve o cofre ser empurrado para cima ou para baixo? b) Qual seria a força paralela necessária à rampa?

5.30 a) Se o coeficiente de atrito cinético entre os pneus e um pavimento seco for de 0,80, qual é a menor distância para fazer um carro parar bloqueando as rodas com o freio quando o carro se desloca a 28,7 m/s? b) Sobre um pavimento molhado, o coeficiente de atrito cinético se reduz a 0,25. A que velocidade você poderia dirigir no pavimento molhado para que o carro parasse na mesma distância calculada em (a)? (Nota: Bloquear os freios não é a melhor maneira de parar.)

5.31 Uma arruela polida de latão desliza ao longo de uma superfície de aço até parar. Usando os valores da Tabela 5.1, qual a distância a mais que ela poderia deslizar com a mesma velocidade inicial se a arruela fosse revestida de Teflon?

5.32 Considere o sistema indicado na Figura 5.44. O bloco A possui peso w_A e o bloco B possui peso w_B . Suponha que o bloco B desça com velocidade constante. a) Ache o coeficiente de atrito

cinético entre o bloco A e o topo da mesa. b) Suponha que um gato, também com peso w_A , caia no sono sobre o bloco A. Se o bloco B agora se move livremente, qual é sua aceleração (módulo, direção e sentido)?

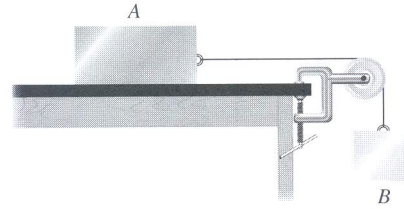


FIGURA 5.44 Exercício 5.32, Exercício 5.35 e Problema 5.68.

5.33 Duas caixas estão ligadas por uma corda sobre uma superfície horizontal (Figura 5.45). A caixa A possui massa m_A e a caixa B possui massa m_B . O coeficiente de atrito cinético entre cada caixa e a superfície é μ_C . As caixas são empurradas para a direita com velocidade constante por uma força horizontal \vec{F} . Em termos de m_A , de m_B e de μ_C , calcule a) o módulo da força \vec{F} ; b) a tensão na corda que conecta os blocos. Inclua um diagrama do corpo livre ou os diagramas que você usou para achar suas respostas.

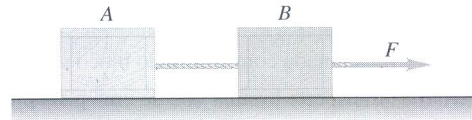


FIGURA 5.45 Exercício 5.33.

5.34 Duas rodas de bicicleta são lançadas rolando com a mesma velocidade inicial de 3,50 m/s ao longo de uma estrada retilínea. Medimos então a distância percorrida por cada uma até o momento em que a velocidade se reduziu à metade do valor inicial. O pneu de uma está inflado com uma pressão de 1,6 atm ($1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$) e percorreu uma distância de 18,0 m. O da outra está inflado com uma pressão de 4 atm e percorreu uma distância de 92,0 m. Calcule o coeficiente de atrito de rolamento μ_R para cada roda. Suponha que a força horizontal resultante seja devida apenas ao atrito de rolamento.

5.35 Como indicado na Figura 5.44, o bloco A (massa de 2,25 kg) está em repouso sobre o topo de uma mesa. Ele é ligado a um bloco B (massa de 1,30 kg) por uma corda horizontal que passa sobre uma polia leve e sem atrito. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco A e o topo da mesa é de 0,450. Depois que os blocos são libertados, ache a) a velocidade de cada bloco depois que eles se movem 3,00 cm; b) a tensão na corda. Inclua um diagrama do corpo livre ou os diagramas que você usou para achar suas respostas.

5.36 Uma caixa de livros de 25,0 kg está em repouso sobre uma rampa que faz um ângulo α com a horizontal. O coeficiente de atrito cinético é de 0,25 e o coeficiente de atrito estático é de 0,35. a) A medida que o ângulo α aumenta, qual é o ângulo mínimo no qual a caixa começa a deslizar? b) Para esse ângulo, ache a aceleração depois que a caixa começa a deslizar. c) Para esse ângulo, ache a velocidade da caixa depois que ela percorreu 5,0 m ao longo do plano inclinado.

5.37 Um engradado grande de massa m está em repouso sobre um piso horizontal. Os coeficientes de atrito entre o piso e o engradado são μ_C e μ_S . Uma mulher o empurra para baixo exercendo uma

força
módu
com v
limite
seja a
5.38
horizo
corda
horizo
força
const
está e
necess
com u
Arrast
piso e
valor
pelo i
5.39
5.46 e
de 25,
atrito
C des
corpo
sobre
c) Qu
fosse e

FIGURA

5.40
(5.12).

5.41
que o p
para-q
mesmo
termin

5.42
força d
compo
da velo
b) ela s

SEÇÃO

5.43
um fio
tensão
A pedr
uma m
Calculo

fio se r
5.44
de uma

Questões para Discussão.) A corda para secar roupa ou qualquer cabo flexível preso em suas extremidades sob ação do próprio peso adquire a forma de uma *catenária*. Para um tratamento mais avançado dessa curva, veja SYMON, K. R. *Mechanics*, 3. ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 1971. p. 237-241.

5.63 Um bloco de massa M é amarrado na extremidade inferior de uma corda de massa m e comprimento L . Uma força \vec{F} constante é aplicada de baixo para cima na extremidade superior da corda, fazendo com que o bloco e a corda sejam acelerados para cima. Ache a tensão na corda a uma distância x da sua extremidade superior, onde x pode ter qualquer valor entre 0 e L .

5.64 Um bloco de massa m_1 está sobre um plano inclinado com um ângulo de inclinação α e está ligado por uma corda que passa sobre uma polia pequena a um segundo bloco suspenso de massa m_2 (Figura 5.50). O coeficiente de atrito cinético é μ_c e o coeficiente de atrito estático é μ_s . a) Ache a massa m_2 para a qual o bloco de massa m_1 sobe o plano com velocidade constante depois que ele entra em movimento. b) Ache a massa m_2 para a qual o bloco de massa m_1 desce o plano com velocidade constante depois que ele entra em movimento. c) Para que valores de m_2 os blocos permanecem em repouso depois de eles serem libertados a partir do repouso?

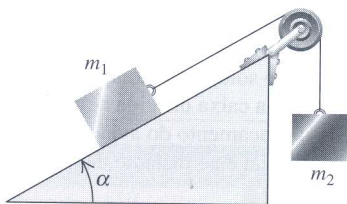


FIGURA 5.50 Problema 5.64.

5.65 a) O bloco A da Figura 5.51 pesa 60,0 N. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície sobre a qual ele se apoia é de 0,25. O peso w é igual a 12,0 N, e o sistema está em equilíbrio. Calcule a força de atrito exercida sobre o bloco A. b) Ache o peso w máximo que permite ao sistema ficar em equilíbrio.

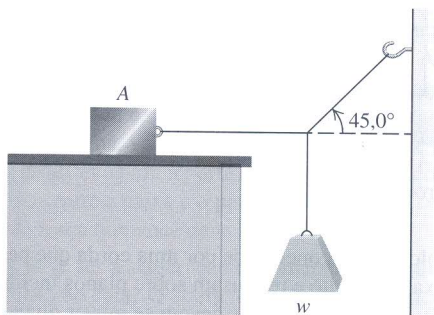


FIGURA 5.51 Problema 5.65.

5.66 O bloco A da Figura 5.52 pesa 1,20 N e o bloco B pesa 3,60 N. O coeficiente de atrito cinético entre todas as superfícies é 0,300. Determine o módulo da força horizontal \vec{F} necessária para arrastar o bloco B para a esquerda com velocidade constante, quando a) o bloco A está sobre o bloco B e se move com ele (Figura 5.52a); b) o bloco A é mantido em repouso (Figura 5.52b).

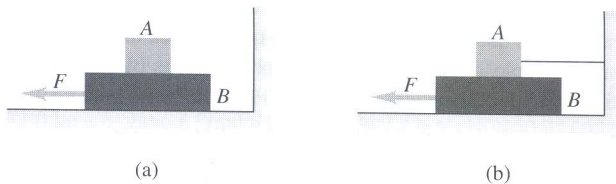


FIGURA 5.52 Problema 5.66.

5.67 Um lavador de vidraças empurra sua escova com velocidade constante para cima de uma janela vertical aplicando uma força \vec{F} , como indicado na Figura 5.53. A escova pesa 12,0 N e o coeficiente de atrito cinético é $\mu_c = 0,150$. Ache: a) o módulo da força \vec{F} ; b) a força normal exercida pela janela sobre a escova.

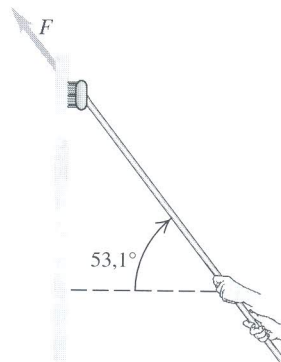


FIGURA 5.53 Problema 5.67.

5.68 No sistema indicado na Figura 5.44, o bloco A possui massa m_A e o bloco B possui massa m_B e a corda que liga os blocos possui massa diferente de zero m_{corda} . A corda possui comprimento total L e a polia possui raio muito pequeno. Ignore qualquer concavidade na parte horizontal da corda. a) Se não existe atrito entre o bloco A e o topo da mesa, ache a aceleração dos blocos no instante em que um comprimento d da corda fica suspenso verticalmente entre a polia e o bloco B. À medida que o bloco B cai, o módulo da aceleração cresce, diminui ou permanece constante? Explique. b) Considere $m_A = 2,00$ kg, $m_B = 0,400$ kg, $m_{\text{corda}} = 0,160$ kg e $L = 1,00$ m. Se existe atrito entre o bloco A e o topo da mesa, com $\mu_c = 0,200$ e $\mu_s = 0,250$, calcule o valor da distância mínima d tal que os blocos comecem a se mover se eles inicialmente estavam em repouso. c) Repita a parte (b) para o caso $m_{\text{corda}} = 0,040$ kg. Os blocos se moverão nesse caso?

5.69 Se o coeficiente de atrito estático entre a superfície de uma mesa e uma corda com massa grande é μ_s , qual é a fração da corda que pode ficar suspensa abaixo da extremidade da mesa sem que a corda deslize para baixo?

5.70 Uma mulher tenta empurrar uma caixa cheia de livros com massa m para o alto de um plano inclinado com um ângulo de inclinação α acima da horizontal. Os coeficientes de atrito entre o plano inclinado e a caixa são μ_s e μ_c . A força \vec{F} aplicada pela mulher é horizontal. a) Se μ_s for maior do que um certo valor crítico, a mulher não consegue fazer a caixa se mover por maior que seja a força que ela realize. Calcule esse valor crítico de μ_s . b) Suponha que o valor de μ_s seja menor do que esse valor crítico. Qual é o módulo da força aplicada pela mulher para fazer a caixa se deslocar para cima do plano inclinado com velocidade constante?

5.71 Uma caixa com 30,0 kg está inicialmente em repouso sobre o piso de uma caminhonete de 1500 kg. O coeficiente de atrito estático entre a caixa e o piso da caminhonete é 0,30 e o coeficiente de atrito cinético é 0,20. Antes de cada aceleração fornecida abaixo, a caminhonete estava se deslocando do sul para