

Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Física I

Licenciaturas em Engenharia Informática e Bioengenharia
1º ano, 2º semestre

Série de problemas nº 12 Equilíbrio e Elasticidade

Cap. 12 do Halliday & Resnick, 10ª Ed.

José Mariano
Ano lectivo de 2024/2025

11 A tabela mostra o comprimento inicial de três barras e a variação de comprimento das barras quando elas são submetidas a uma força de tração. Ordene as barras de acordo com a deformação sofrida, começando pela maior.

	Comprimento Inicial	Variação de Comprimento
Barra A	$2L_0$	ΔL_0
Barra B	$4L_0$	$2\Delta L_0$
Barra C	$10L_0$	$4\Delta L_0$

12 Sete pesos estão pendurados no arranjo (em repouso) de polias ideais e cordas de massa desprezível da Fig. 12-24. Uma corda comprida passa por todas as polias, e cordas menores sustentam as polias e os pesos. São dados os pesos (em newtons) de todos os pesos, exceto um. (a) Qual é o peso que falta? (*Sugestão*: Uma corda que dá meia-volta em torno de uma polia puxa-a com uma força total que é igual a duas vezes a da tração da corda.) (b) Qual é a tração da corda T ?

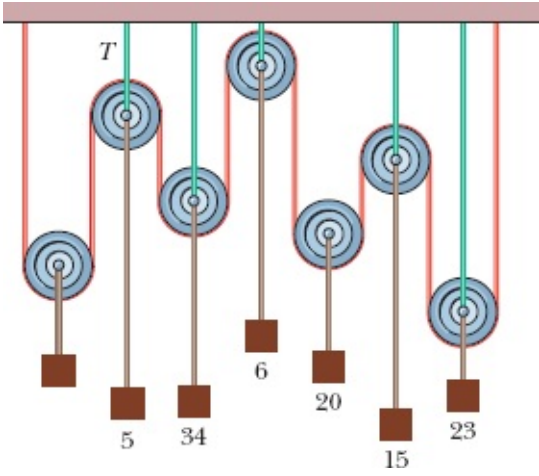


Figura 12-24 Pergunta 12.

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 12-1 Equilíbrio

1 Como a constante g é praticamente a mesma em todos os pontos da grande maioria da estruturas, em

geral supomos que o centro de gravidade de uma estrutura coincide com o centro de massa. Neste exemplo fictício, porém, a variação da constante g é significativa. A Fig. 12-25 mostra um arranjo de seis partículas, todas de massa m , presas na borda de uma estrutura rígida, de massa desprezível. A distância entre partículas vizinhas da mesma borda é 2,00 m. A tabela a seguir mostra o valor de g (em m/s^2) na posição de cada partícula. Usando o sistema de coordenadas mostrado na figura, determine (a) a coordenada x_{CM} e (b) a coordenada y_{CM} do centro de massa do conjunto. Em seguida, determine (c) a coordenada x_{CG} e (d) a coordenada y_{CG} do centro de gravidade do conjunto.

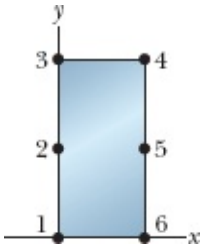


Figura 12-25 Problema 1.

Partícula	g	Partícula	g
1	8,00	4	7,40
2	7,80	5	7,60
3	7,60	6	7,80

Módulo 12-2 Alguns Exemplos de Equilíbrio Estático

- 2** A distância entre os eixos dianteiro e traseiro de um automóvel é de 3,05 m. A massa do automóvel é de 1360 kg e o centro de gravidade está situado 1,78 m atrás do eixo dianteiro. Com o automóvel em terreno plano, determine o módulo da força exercida pelo solo (a) sobre cada roda dianteira (supondo que as forças exercidas sobre as rodas dianteiras são iguais) e (b) sobre cada roda traseira (supondo que as forças exercidas sobre as rodas traseiras são iguais).
- 3** Na Fig. 12-26, uma esfera homogênea de massa $m = 0,85$ kg e raio $r = 4,2$ cm é mantida em repouso por uma corda, de massa desprezível, presa a uma parede sem atrito a uma distância $L = 8,0$ cm acima do centro da esfera. Determine (a) a tração da corda e (b) a força que a parede exerce sobre a esfera.

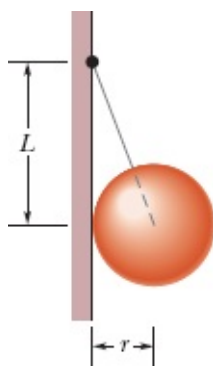


Figura 12-26 Problema 3.

4 A corda de um arco é puxada pelo ponto central até que a tração da corda fique igual à força exercida pelo arqueiro. Qual é o ângulo entre as duas partes da corda?

5 Uma corda, de massa desprezível, está esticada horizontalmente entre dois suportes separados por uma distância de 3,44 m. Quando um objeto pesando 3160 N é pendurado no centro da corda, ela cede 35,0 cm. Qual é a tração da corda?

6 Um andaime com 60 kg de massa e 5,0 m de comprimento é mantido na horizontal por um cabo vertical em cada extremidade. Um lavador de janelas, com 80 kg de massa, está de pé no andaime a 1,5 m de distância de uma das extremidades. Qual é a tração (a) do cabo mais próximo e (b) do cabo mais distante do trabalhador?

7 Um lavador de janelas de 75 kg usa uma escada com 10 kg de massa e 5,0 m de comprimento. Ele apoia uma extremidade no piso a 2,5 m de uma parede, encosta a extremidade oposta em uma janela rachada e começa a subir. Depois de o lavador percorrer uma distância de 3,0 m ao longo da escada, a janela quebra. Despreze o atrito entre a escada e a janela e suponha que a base da escada não escorregue. Quando a janela está na iminência de quebrar, qual é (a) o módulo da força que a escada exerce sobre a janela, (b) qual é o módulo da força que o piso exerce sobre a escada e (c) qual é o ângulo (em relação à horizontal) da força que o piso exerce sobre a escada?

8 Oito alunos de física, cujos pesos estão indicados em newtons na Fig. 12-27, se equilibram em uma gangorra. Qual é o número do estudante que produz o maior torque em relação a um eixo de rotação que passa pelo *fulcro* f no sentido (a) para fora do papel e (b) para dentro do papel?

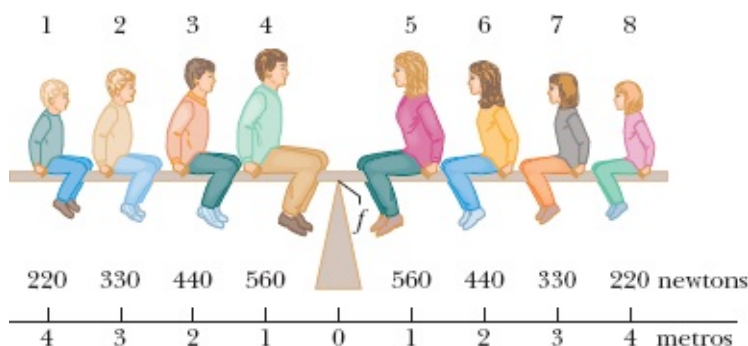


Figura 12-27 Problema 8.

•**9** Uma régua de um metro está em equilíbrio horizontal na lâmina de uma faca, na marca de 50,0 cm. Com duas moedas de 5,00 g empilhadas na marca de 12,0 cm, a régua fica em equilíbrio na marca de 45,5 cm. Qual é a massa da régua?

•**10** O sistema da Fig. 12-28 está em equilíbrio, com a corda do centro exatamente na horizontal. O bloco A pesa 40 N, o bloco B pesa 50 N e o ângulo ϕ é 35° . Determine (a) a tração T_1 , (b) a tração T_2 , (c) a tração T_3 e (d) o ângulo θ .

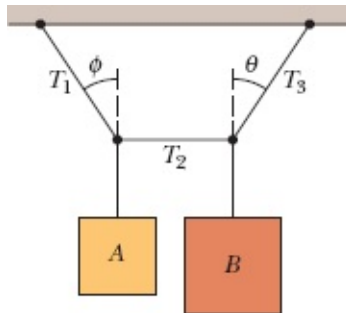


Figura 12-28 Problema 10.

•**11** Um mergulhador com 580 N de peso está em pé na extremidade de um trampolim, de comprimento $L = 4,5$ m e massa desprezível (Fig. 12-29). O trampolim está preso em dois suportes separados por uma distância $d = 1,5$ m. Das forças que agem sobre o trampolim, qual é (a) o módulo e (b) qual é o sentido (para cima ou para baixo) da força exercida pelo suporte de trás? (c) Qual é o módulo e (d) qual o sentido (para cima ou para baixo) da força exercida pelo suporte da frente? (e) Que pedestal (o de trás ou o da frente) está sendo tracionado e (f) que pedestal está sendo comprimido?

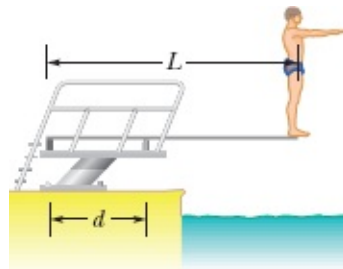


Figura 12-29 Problema 11.

•**12** Na Fig. 12-30, um homem está tentando tirar o carro de um atoleiro no acostamento de uma estrada. Para isso, ele amarra uma das extremidades de uma corda no para-choque dianteiro e a outra extremidade em um poste, a 18 m de distância. Em seguida, o homem empurra a corda lateralmente, no ponto médio, com uma força de 550 N, deslocando o centro da corda de 0,30 m em relação à posição anterior, e o carro praticamente não se move. Qual é a força exercida pela corda sobre o carro? (A corda sofre um pequeno alongamento.)

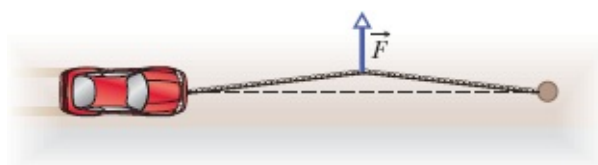


Figura 12-30 Problema 12.

13 A Fig. 12-31 mostra as estruturas anatômicas da parte inferior da perna e do pé que estão envolvidas quando ficamos na ponta do pé, com o calcanhar levemente levantado e o pé fazendo contato com o chão apenas no ponto P . Suponha que $a = 5,0$ cm, $b = 15$ cm e o peso da pessoa seja 900 N. Das forças que agem sobre o pé, qual é (a) o módulo e (b) qual é o sentido (para cima ou para baixo) da força que o músculo da panturrilha exerce sobre o ponto A ? (c) Qual é o módulo e (d) qual é o sentido (para cima ou para baixo) da força que os ossos da perna exercem sobre o ponto B ?



Figura 12-31 Problema 13.

14 Na Fig. 12-32, um andaime horizontal, de 2,00 m de comprimento e massa homogênea de 50,0 kg, está suspenso em um edifício por dois cabos. O andaime tem várias latas de tinta empilhadas. A massa total das latas de tinta é 75,0 kg. A tração do cabo à direita é 722 N. A que distância desse cabo está o centro de massa do sistema de latas de tinta?



Figura 12-32 Problema 14.

15 As forças \vec{F}_1 , \vec{F}_2 e \vec{F}_3 agem sobre a estrutura cuja vista superior aparece na Fig. 12-33. Deseja-se colocar a estrutura em equilíbrio aplicando uma quarta força em um ponto como P . A quarta força tem componentes vetoriais \vec{F}_h e \vec{F}_v . Sabe-se que $a = 2,0$ m, $b = 3,0$ m, $c = 1,0$ m, $F_1 = 20$ N, $F_2 = 10$ N e $F_3 = 5,0$ N. Determine (a) F_h , (b) F_v e (c) d .

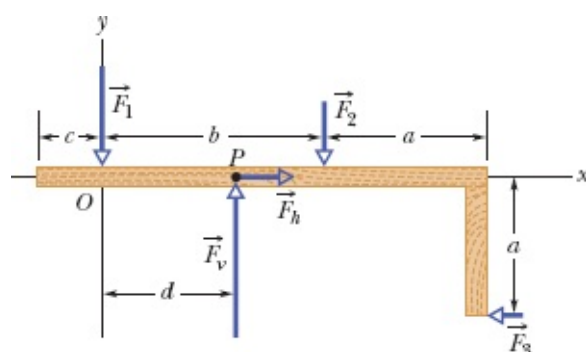


Figura 12-33 Problema 15.

•**16** Um caixote cúbico homogêneo com 0,750 m de lado e 500 N de peso repousa em um piso com um dos lados da base encostado em um obstáculo fixo de pequena altura. A que altura mínima acima do piso deve ser aplicada uma força horizontal de 350 N para virar o caixote?

•**17** Na Fig. 12-34, uma viga homogênea de 3,0 m de comprimento e 500 N de peso está suspensa horizontalmente. No lado esquerdo, está presa a uma parede por uma dobradiça; no lado direito, é sustentada por um cabo pregado na parede a uma distância D acima da viga. A tração de ruptura do cabo é 1200 N. (a) Que valor de D corresponde a essa tração? (b) Para que o cabo não se rompa, D deve aumentar ou diminuir em relação a esse valor?

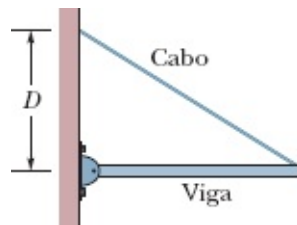


Figura 12-34 Problema 17.

•**18** Na Fig. 12-35, o andaime horizontal 2, de massa homogênea $m_2 = 30,0$ kg e comprimento $L_2 = 2,00$ m, está pendurado no andaime horizontal 1, de massa homogênea $m_1 = 50,0$ kg. Uma caixa de pregos, de 20,0 kg, está no andaime 2, com o centro a uma distância $d = 0,500$ m da extremidade esquerda. Qual é a tração T do cabo indicado na figura?

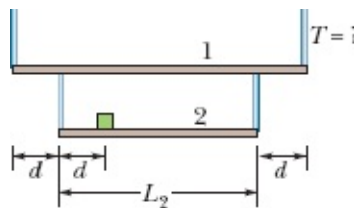


Figura 12-35 Problema 18.

•**19** Para quebrar a casca de uma noz com um quebra-nozes, forças de pelo menos 40 N de módulo devem agir sobre a casca em ambos os lados. Para o quebra-nozes da Fig. 12-36, com distâncias $L = 12$ cm e $d = 2,6$ cm, quais são as componentes em cada cabo das forças F_{\perp} (aplicadas perpendicularmente aos cabos) que correspondem a esses 40 N?

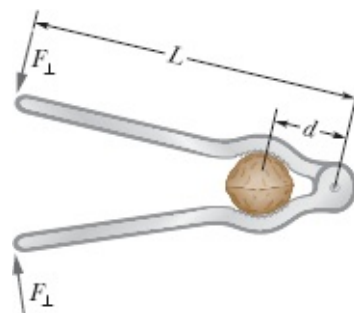


Figura 12-36 Problema 19.

•20 Um jogador segura uma bola de boliche ($M = 7,2 \text{ kg}$) na palma da mão (veja a Fig. 12-35). O braço está na vertical e o antebraço ($m = 1,8 \text{ kg}$) na horizontal. Qual é o módulo (a) da força que o bíceps exerce sobre o antebraço e (b) da força que os ossos exercem entre si na articulação do cotovelo?

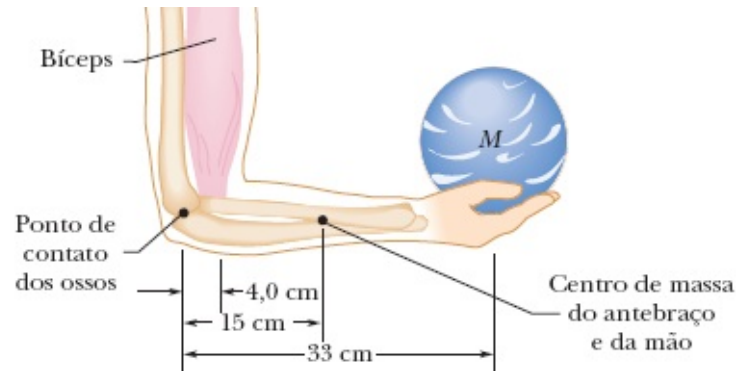


Figura 12-37 Problema 20.

•21 O sistema na Fig. 12-38 está em equilíbrio. Um bloco de concreto com massa de 225 kg está pendurado na extremidade de uma longarina homogênea com massa de $45,0 \text{ kg}$. Para os ângulos $\phi = 30,0^\circ$ e $\theta = 45,0^\circ$, determine (a) a tração T do cabo e as componentes (b) horizontal e (c) vertical da força que a dobradiça exerce sobre a longarina.

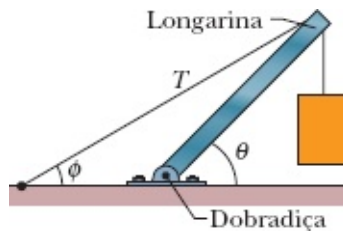


Figura 12-38 Problema 21.

•22 Na Fig. 12-39, um alpinista de 55 kg está subindo por uma chaminé na pedra, com as mãos puxando um lado da chaminé e os pés pressionando o lado oposto. A chaminé tem uma largura $w = 0,20 \text{ m}$, e o centro de massa do alpinista está a uma distância horizontal $d = 0,40 \text{ m}$ da chaminé. O coeficiente de atrito estático entre as mãos e a rocha é $\mu_1 = 0,40$ e entre as botas e a pedra é $\mu_2 = 1,2$. (a) Qual é a menor força horizontal das mãos e dos pés que mantém o alpinista estável? (b) Para a força horizontal do item (a), qual deve ser a distância vertical h entre as mãos e os pés? Se o alpinista encontra uma pedra molhada, para a qual os valores de μ_1 e μ_2 são menores, (c) o que acontece com a resposta do item (a) e (d) o que acontece com a resposta do item (b)?

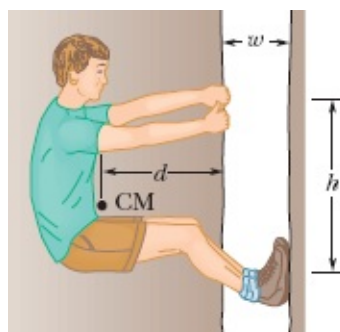


Figura 12-39 Problema 22.

23 Na Fig. 12-40, uma extremidade de uma viga homogênea, de 222 N de peso, está presa por uma dobradiça a uma parede; a outra extremidade é sustentada por um fio que faz o mesmo ângulo $\theta = 30,0^\circ$ com a viga e com a parede. Determine (a) a tração do fio e as componentes (b) horizontal e (c) vertical da força que a dobradiça exerce sobre a viga.

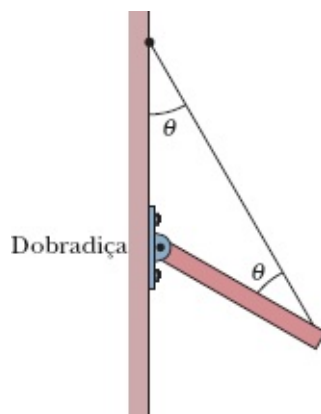


Figura 12-40 Problema 23.

24 Na Fig. 12-41, uma alpinista com 533,8 N de peso é sustentada por uma corda de segurança presa a um grampo em uma das extremidades e a um mosquetão na cintura da moça na outra extremidade. A linha de ação da força exercida pela corda passa pelo centro de massa da alpinista. Os ângulos indicados na figura são $\theta = 40,0^\circ$ e $\phi = 30,0^\circ$. Se os pés da moça estão na iminência de escorregar na parede vertical, qual é o coeficiente de atrito estático entre os sapatos de alpinismo e a parede?

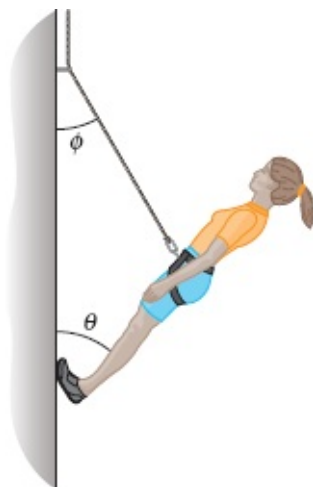


Figura 12-41 Problema 24.

25 Na Fig. 12-42, qual é o menor valor do módulo da força horizontal (constante) \vec{F} , aplicada ao eixo da roda, que permite à roda ultrapassar um degrau de altura $h = 3,00$ cm? O raio da roda é $r = 6,00$ cm e a massa da roda é $m = 0,800$ kg.

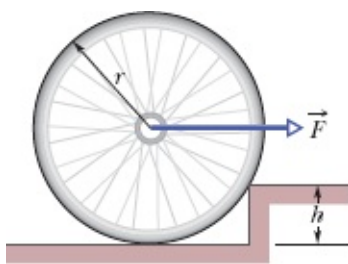


Figura 12-42 Problema 25.

••26 Na Fig. 12-43, um alpinista se apoia com as mãos em uma encosta vertical coberta de gelo cujo atrito é desprezível. A distância a é 0,914 m e a distância L é 2,10 m. O centro de massa do alpinista está a uma distância $d = 0,940$ m do ponto de contato dos pés do alpinista com uma plataforma horizontal na pedra. Se o alpinista está na iminência de escorregar, qual é o coeficiente de atrito estático entre os pés e a pedra?

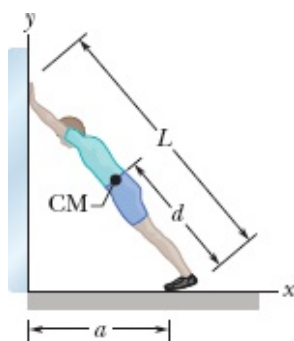
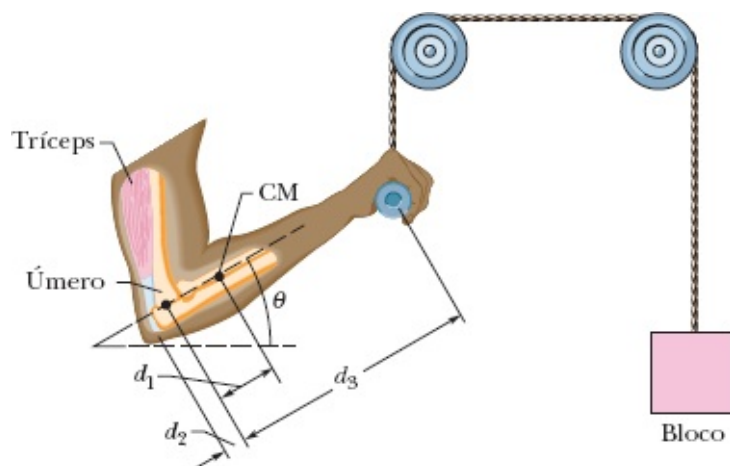


Figura 12-43 Problema 26.

••27 Na Fig. 12-44, um bloco de 15 kg é mantido em repouso por meio de um sistema de polias. O braço da pessoa está na vertical; o antebraço faz um ângulo $\theta = 30^\circ$ com a horizontal. O antebraço e a mão têm uma massa conjunta de 2,0 kg, com o centro de massa a uma distância $d_1 = 15$ cm à frente do ponto de contato dos ossos do antebraço com o osso do braço (úmero). Um músculo (o tríceps) puxa o antebraço verticalmente para cima com uma força cujo ponto de aplicação está a uma distância $d_2 = 2,5$ cm atrás desse ponto de contato. A distância d_3 é 35 cm. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para cima ou para baixo) da força exercida pelo tríceps sobre o antebraço e (c) o módulo e (d) o sentido (para cima ou para baixo) da força exercida pelo úmero sobre o antebraço.



••28 Na Fig. 12-45, suponha que o comprimento L da barra homogênea seja de 3,00 m e peso seja de 200 N. Suponha ainda que o bloco tenha um peso de 300 N e que $\theta = 30,0^\circ$. O fio pode suportar uma tração máxima de 500 N. (a) Qual é a maior distância x para a qual o fio não arrebenta? Com o bloco posicionado nesse valor máximo de x , qual é a componente (b) horizontal e (c) vertical da força que a dobradiça exerce sobre a barra no ponto A?

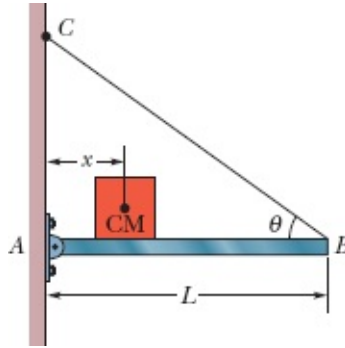


Figura 12-45 Problemas 28 e 34.

••29 Uma porta tem uma altura de 2,1 m, ao longo de um eixo y que se estende verticalmente para cima, e uma largura de 0,91 m, ao longo de um eixo x que se estende horizontalmente a partir do lado da porta que está preso com dobradiças. Uma das dobradiças está a 0,30 m da borda superior da porta, e outra a 0,30 m da borda inferior; cada uma sustenta metade do peso da porta, cuja massa é de 27 kg. Na notação dos vetores unitários, qual é a força exercida sobre a porta (a) pela dobradiça superior e (b) pela dobradiça inferior?

••30 Na Fig. 12-46, um cartaz quadrado homogêneo de 50,0 kg, de lado $L = 2,00$ m, está pendurado em uma barra horizontal de comprimento $d_h = 3,00$ m e massa desprezível. Um cabo está preso em uma extremidade da barra e em um ponto de uma parede a uma distância $d_v = 4,00$ m acima do ponto onde a outra extremidade da barra está presa na parede por uma dobradiça. (a) Qual é a tração do cabo? (b) Qual é o módulo e (c) qual o sentido (para a esquerda ou para a direita) da componente horizontal da força que a dobradiça exerce sobre a haste? (d) Qual é o módulo e (e) qual o sentido (para cima ou para baixo) da componente vertical dessa força?



••31 Na Fig. 12-47, uma barra não homogênea está suspensa em repouso, na horizontal, por duas cordas de massa desprezível. Uma corda faz um ângulo $\theta = 36,9^\circ$ com a vertical; a outra faz um ângulo $\phi = 53,1^\circ$ com a vertical. Se o comprimento L da barra é 6,10 m, calcule a distância x entre a extremidade esquerda da barra e o centro de massa.

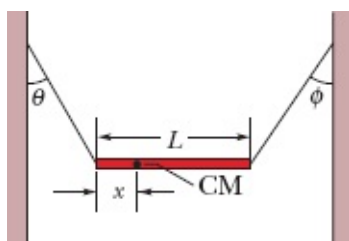


Figura 12-47 Problema 31.

••32 Na Fig. 12-48, a motorista de um carro que se move em uma estrada horizontal faz uma parada de emergência aplicando os freios de tal forma que as quatro rodas ficam bloqueadas e derrapam na pista. O coeficiente de atrito cinético entre os pneus e a pista é 0,40. A distância entre os eixos dianteiro e traseiro é $L = 4,2$ m, e o centro de massa do carro está a uma distância $d = 1,8$ m atrás do eixo dianteiro e a uma altura $h = 0,75$ m acima da pista. O carro pesa 11 kN. Determine o módulo (a) da aceleração do carro durante a frenagem, (b) da força normal a que uma das rodas traseiras é submetida, (c) da força normal a que uma das rodas dianteiras é submetida, (d) da força de frenagem a que uma das rodas traseiras é submetida, e (e) da força de frenagem a que uma das rodas dianteiras é submetida. (Sugestão: Embora o carro não esteja em equilíbrio para translações, está em equilíbrio para rotações.)

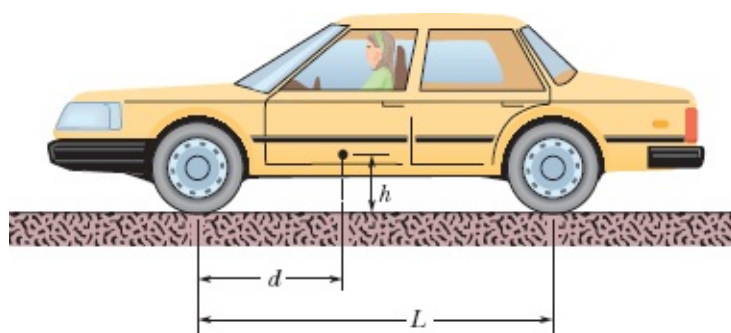


Figura 12-48 Problema 32.

••33 A Fig. 12-49a mostra uma viga vertical homogênea, de comprimento L , que está presa a uma dobradiça na extremidade inferior. Uma força horizontal \vec{F}_a é aplicada à viga a uma distância y da extremidade inferior. A viga permanece na vertical porque há um cabo preso na extremidade superior, fazendo um ângulo θ com a horizontal. A Fig. 12-49b mostra a tração T do cabo em função do ponto de aplicação da força, dada como uma fração y/L do comprimento da barra. A escala do eixo vertical é definida por $T_s = 600$ N. A Fig. 12-49c mostra o módulo F_h da componente horizontal da força que a dobradiça exerce sobre a viga, também em função de y/L . Calcule (a) o ângulo θ e (b) o módulo de \vec{F}_a .

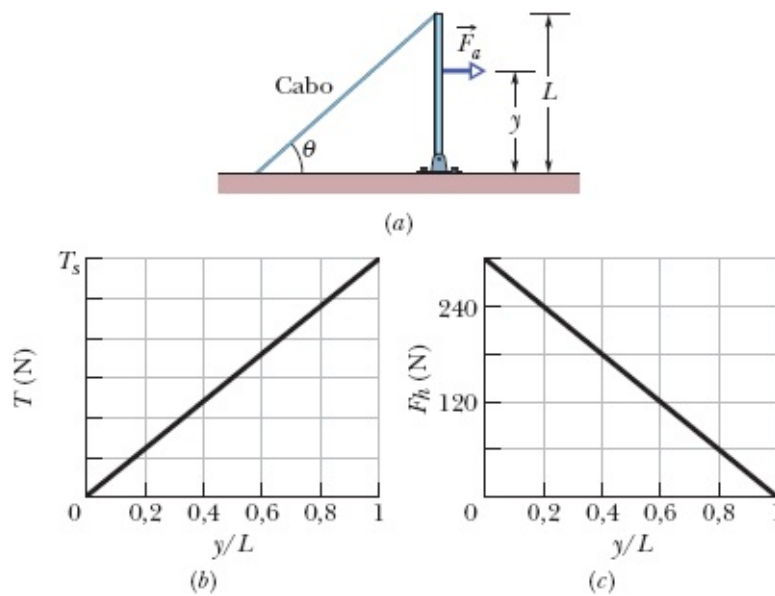



Figura 12-49 Problema 33.

..34 Na Fig. 12-45, uma barra fina AB , de peso desprezível e comprimento L , está presa a uma parede vertical por uma dobradiça no ponto A e é sustentada no ponto B por um fio fino BC que faz um ângulo θ com a horizontal. Um bloco, de peso P , pode ser deslocado para qualquer posição ao longo da barra; sua posição é definida pela distância x da parede ao seu centro de massa. Determine, em função de x , (a) a tração do fio e as componentes (b) horizontal e (c) vertical da força que a dobradiça exerce sobre a barra no ponto A .

..35 Uma caixa cúbica está cheia de areia e pesa 890 N. Desejamos fazer a caixa “rolar” empurrando-a horizontalmente por uma das bordas superiores. (a) Qual é a menor força necessária? (b) Qual é o menor coeficiente de atrito estático necessário entre a caixa e o piso? (c) Se existe um modo mais eficiente de fazer a caixa rolar, determine a menor força possível que deve ser aplicada diretamente à caixa para que isso aconteça. (Sugestão: Qual é o ponto de aplicação da força normal quando a caixa está prestes a tombar?)

..36  A Fig. 12-50 mostra uma alpinista de 70 kg sustentada apenas por uma das mãos em uma saliência horizontal de uma encosta vertical, uma pegada conhecida como *pinça*. (A moça exerce uma força para baixo com os dedos para se segurar.) Os pés da alpinista tocam a pedra a uma distância $H = 2,0$ m verticalmente abaixo dos dedos, mas não oferecem nenhum apoio; o centro da massa da alpinista está a uma distância $a = 0,20$ m da encosta. Suponha que a força que a saliência exerça sobre a mão esteja distribuída igualmente por quatro dedos. Determine o valor (a) da componente horizontal F_h e (b) da componente vertical F_v da força exercida pela saliência sobre *um dos dedos*.

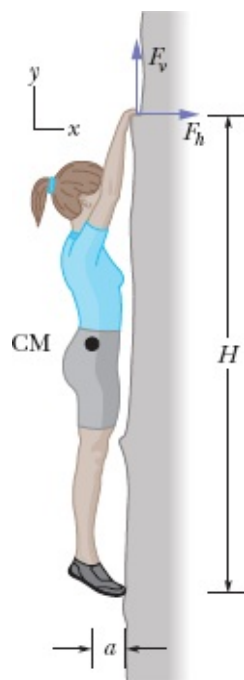


Figura 12-50 Problema 36.

••37 Na Fig. 12-51, uma prancha homogênea, com comprimento L de 6,10 m e peso de 445 N, repousa apoiada no chão e em um rolamento sem atrito no alto de uma parede de altura $h = 3,05$ m. A prancha permanece em equilíbrio para qualquer valor de $\theta \geq 70^\circ$, mas escorrega se $\theta < 70^\circ$. Determine o coeficiente de atrito estático entre a prancha e o chão.

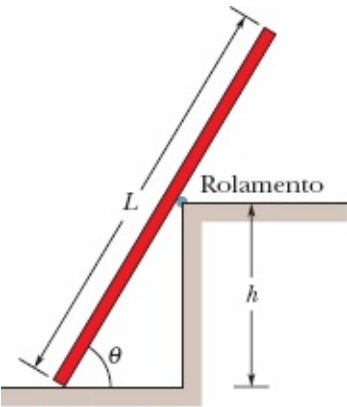


Figura 12-51 Problema 37.

••38 Na Fig. 12-52, vigas homogêneas A e B estão presas a uma parede por dobradiças e frouxamente rebitadas uma na outra (uma não exerce torque sobre a outra). A viga A tem comprimento $L_A = 2,40$ m e massa de 54,0 kg; a viga B tem massa de 68,0 kg. As dobradiças estão separadas por uma distância $d = 1,80$ m. Na notação dos vetores unitários, qual é a força (a) sobre a viga A exercida por sua dobradiça, (b) sobre a viga A exercida pelo rebite, (c) sobre a viga B exercida por sua dobradiça e (d) sobre a viga B exercida pelo rebite?

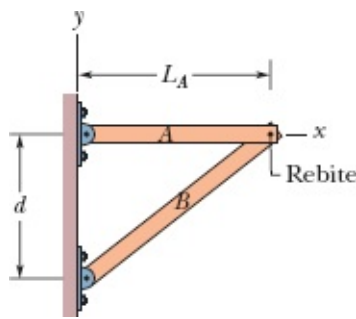


Figura 12-52 Problema 38.

...**39** Os lados AC e CE da escada da Fig. 12-53 têm 2,44 m de comprimento e estão unidos por uma dobradiça no ponto C . A barra horizontal BD tem 0,762 m de comprimento e está na metade da altura da escada. Um homem que pesa 854 N sobe 1,80 m ao longo da escada. Supondo que não há atrito com o piso e desprezando a massa da escada, determine (a) a tensão da barra e o módulo da força que o chão exerce sobre a escada (b) no ponto A e (c) no ponto E . (*Sugestão: Isole partes da escada ao aplicar as condições de equilíbrio.*)

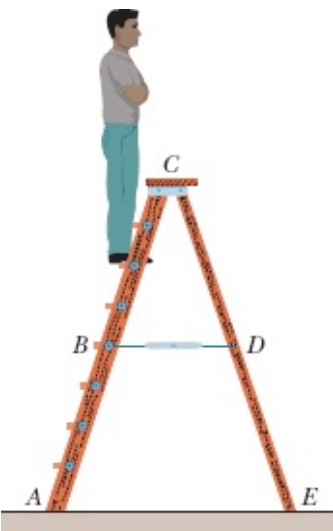


Figura 12-53 Problema 39.

...**40** A Fig. 12-54a mostra uma viga horizontal homogênea, de massa m_b e comprimento L , que é sustentada à esquerda por uma dobradiça presa a uma parede e à direita por um cabo que faz um ângulo θ com a horizontal. Um pacote, de massa m_p , está posicionado na viga a uma distância x da extremidade esquerda. A massa total é $m_b + m_p = 61,22$ kg. A Fig. 12-54b mostra a tração T do cabo em função da posição do pacote, dada como uma fração x/L do comprimento da viga. A escala do eixo das tensões é definida por $T_a = 500$ N e $T_b = 700$ N. Calcule (a) o ângulo θ , (b) a massa m_b e (c) a massa m_p .

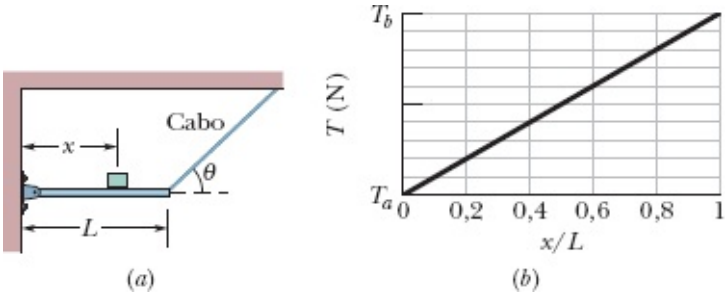


Figura 12-54 Problema 40.

- ...**41** Um caixote, na forma de um cubo com 1,2 m de lado, contém uma peça de máquina; o centro de massa do caixote e do conteúdo está localizado 0,30 m acima do centro geométrico do caixote. O caixote repousa em uma rampa que faz um ângulo θ com a horizontal. Quando θ aumenta a partir de zero, um valor de ângulo é atingido para o qual o caixote tomba ou desliza pela rampa. Se o coeficiente de atrito estático μ_s entre a rampa e o caixote é 0,60, (a) a rampa tomba ou desliza? (b) Para que ângulo θ isso acontece? Se $\mu_s = 0,70$, (c) o caixote tomba ou desliza? (d) Para que ângulo θ isso acontece? (*Sugestão:* Qual é o ponto de aplicação da força normal quando o caixote está prestes a tombar?)
- ...**42** No Exemplo 12.03, suponha que o coeficiente de atrito estático μ_s entre a escada e o piso seja 0,53. A que distância (como porcentagem do comprimento total da escada) o bombeiro deve subir para que a escada esteja na iminência de escorregar?

Módulo 12-3 Elasticidade

- ...**43** Uma barra horizontal de alumínio com 4,8 cm de diâmetro se projeta 5,3 cm para fora de uma parede. Um objeto de 1200 kg está suspenso na extremidade da barra. O módulo de cisalhamento do alumínio é $3,0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$. Desprezando a massa da barra, determine (a) a tensão de cisalhamento que age sobre a barra e (b) a deflexão vertical da extremidade da barra.
- ...**44** A Fig. 12-55 mostra a curva tensão-deformação de um material. A escala do eixo das tensões é definida por $s = 300$, em unidades de 10^6 N/m^2 . Determine (a) o módulo de Young e (b) o valor aproximado do limite elástico do material.

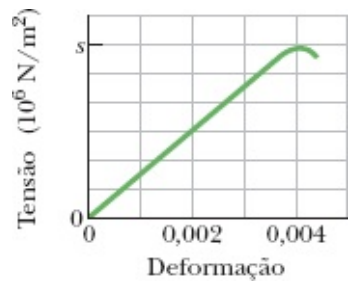


Figura 12-55 Problema 44.

- ...**45** Na Fig. 12-56, um tijolo de chumbo repousa horizontalmente nos cilindros A e B. As áreas das faces superiores dos cilindros obedecem à relação $A_A = 2A_B$; os módulos de Young dos cilindros obedecem à relação $E_A = 2E_B$. Os cilindros tinham a mesma altura antes que o tijolo fosse colocado sobre eles. Que fração da massa do tijolo é sustentada (a) pelo cilindro A e (b) pelo cilindro B? As distâncias horizontais entre o centro de massa do tijolo e os eixos dos cilindros são d_A e d_B . (c) Qual é o valor da razão d_A/d_B ?

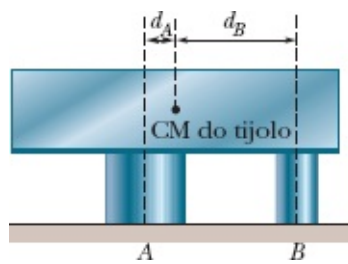



Figura 12-56 Problema 45.

••46  A Fig. 12-57 mostra o gráfico tensão-deformação aproximado de um fio de teia de aranha, até o ponto em que se rompe com uma deformação de 2,00. A escala do eixo das tensões é definida por $a = 0,12 \text{ GN/m}^2$, $b = 0,30 \text{ GN/m}^2$, e $c = 0,80 \text{ GN/m}^2$. Suponha que o fio tenha um comprimento inicial de 0,80 cm, uma área da seção reta inicial de $8,0 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ e um volume constante durante o alongamento. Suponha também que, quando um inseto se choca com o fio, toda a energia cinética do inseto é usada para alongar o fio. (a) Qual é a energia cinética que coloca o fio na iminência de se romper? Qual é a energia cinética (b) de uma drosófila com uma massa de 6,00 mg voando a 1,70 m/s e (c) de uma abelha com massa de 0,388 g voando a 0,420 m/s? O fio seria rompido (d) pela drosófila e (e) pela abelha?

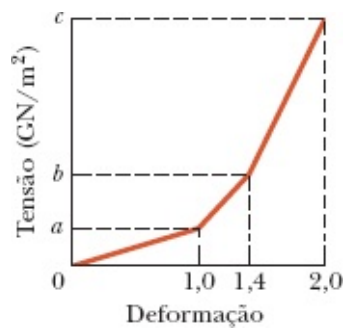


Figura 12-57 Problema 46.

••47 Um túnel de comprimento $L = 150 \text{ m}$, altura $H = 7,2 \text{ m}$, largura de 5,8 m e teto plano deve ser construído a uma distância $d = 60 \text{ m}$ da superfície. (Veja a Fig. 12-58.) O teto do túnel deve ser sustentado inteiramente por colunas quadradas de aço com uma seção reta de 960 cm^2 . A massa de $1,0 \text{ cm}^3$ de solo é 2,8 g. (a) Qual é o peso total que as colunas do túnel devem sustentar? (b) Quantas colunas são necessárias para manter a tensão compressiva em cada coluna na metade do limite de ruptura?

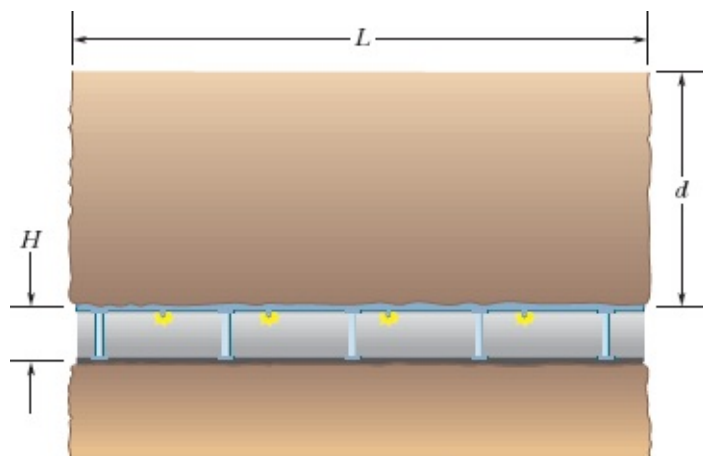


Figura 12-58 Problema 47.

...48 A Figura 12-59 mostra a curva tensão-deformação de um fio de alumínio ensaiado em uma máquina que puxa as extremidades do fio em sentidos opostos. A escala do eixo das tensões é definida por $s = 7,0$, em unidades de 10^7 N/m^2 . O fio tem um comprimento inicial de $0,800 \text{ m}$ e a área da seção reta inicial é $2,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2$. Qual é o trabalho realizado pela força que a máquina de ensaios exerce sobre o fio para produzir uma deformação de $1,00 \times 10^{-3}$?

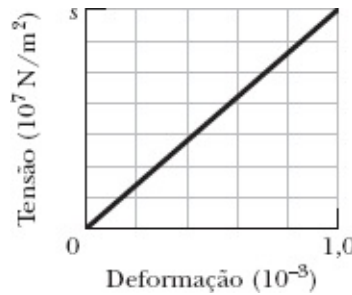


Figura 12-59 Problema 48.

...49 Na Fig. 12-60, um tronco homogêneo de 103 kg está pendurado por dois fios de aço, A e B , ambos com $1,20 \text{ mm}$ de raio. Inicialmente, o fio A tinha $2,50 \text{ m}$ de comprimento e era $2,00 \text{ mm}$ mais curto do que o fio B . O tronco agora está na horizontal. Qual é o módulo da força exercida sobre o tronco (a) pelo fio A e (b) pelo fio B ? (c) Qual é o valor da razão d_A/d_B ?

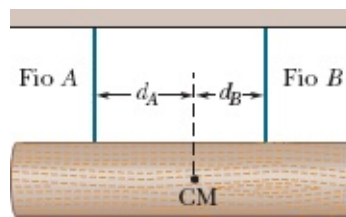


Figura 12-60 Problema 49.


...50  A Fig. 12-61 mostra um inseto capturado no ponto central do fio de uma teia de aranha. O fio se rompe ao ser submetido a uma tração de $8,20 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ e a deformação correspondente é $2,00$. Inicialmente, o fio estava na horizontal e tinha um comprimento de $2,00 \text{ cm}$ e uma área da seção reta de $8,00 \times 10^{-12} \text{ m}^2$. Quando o fio cedeu ao peso do inseto, o volume permaneceu constante. Se o peso do inseto coloca o fio na iminência de se romper, qual é a massa do inseto? (Uma teia de aranha é construída para se romper se um inseto potencialmente perigoso, como uma abelha, fica preso da teia.)



Figura 12-61 Problema 50.

...51 A Fig. 12-62 é a vista superior de uma barra rígida que gira em torno de um eixo vertical até entrar em contato com dois batentes de borracha exatamente iguais, A e B , situados a $r_A = 7,0 \text{ cm}$ e $r_B = 4,0 \text{ cm}$ de distância do eixo. Inicialmente, os batentes estão encostados nas paredes sem sofrer compressão. Em

seguida, uma força \vec{F} de módulo 220 N é aplicada perpendicularmente à barra a uma distância $R = 5,0$ cm do eixo. Determine o módulo da força que comprime (a) o batente A e (b) o batente B.

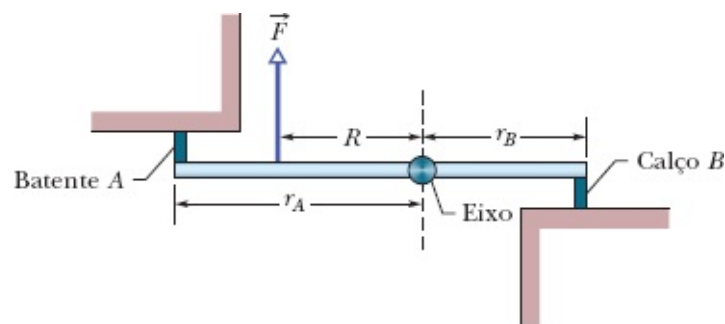


Figura 12-62 Problema 51.

Problemas Adicionais

52 Depois de uma queda, um alpinista de 95 kg está pendurado na extremidade de uma corda originalmente com 15 m de comprimento e 9,6 mm de diâmetro, que foi esticada de 2,8 cm. Determine (a) a tensão, (b) a deformação e (c) o módulo de Young da corda.

53 Na Fig. 12-63, uma placa retangular de ardósia repousa em uma superfície rochosa com uma inclinação $\theta = 26^\circ$. A placa tem comprimento $L = 43$ m, espessura $T = 2,5$ m, largura $W = 12$ m, e $1,0 \text{ cm}^3$ da placa tem massa de 3,2 g. O coeficiente de atrito estático entre a placa e a rocha é 0,39. (a) Calcule a componente da força gravitacional que age sobre a placa paralelamente à superfície da rocha. (b) Calcule o módulo da força de atrito estático que a rocha exerce sobre a placa. Comparando (a) e (b), você pode ver que a placa corre o risco de escorregar, o que é evitado apenas pela presença de protuberâncias na rocha. (c) Para estabilizar a placa, pinos devem ser instalados perpendicularmente à superfície da rocha (dois desses pinos são mostrados na figura). Se cada pino tem uma seção reta de $6,4 \text{ cm}^2$ e se rompe ao ser submetido a uma tensão de cisalhamento de $3,6 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, qual é o número mínimo de pinos necessário? Suponha que os pinos não alterem a força normal.

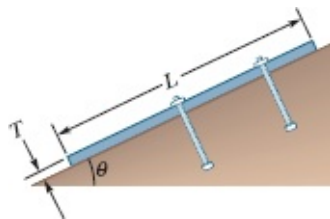


Figura 12-63 Problema 53.

54 Uma escada homogênea com 5,0 m de comprimento e 400 N de peso está apoiada em uma parede vertical sem atrito. O coeficiente de atrito estático entre o chão e o pé da escada é 0,46. Qual é a maior distância a que o pé da escada pode estar da base da parede sem que a escada escorregue?

55 Na Fig. 12-64, o bloco A, com massa de 10 kg, está em repouso, mas escorregaria se o bloco B, que tem massa de 5,0 kg, fosse mais pesado. Se $\theta = 30^\circ$, qual é o coeficiente de atrito estático entre o bloco A

e a superfície na qual está apoiado?

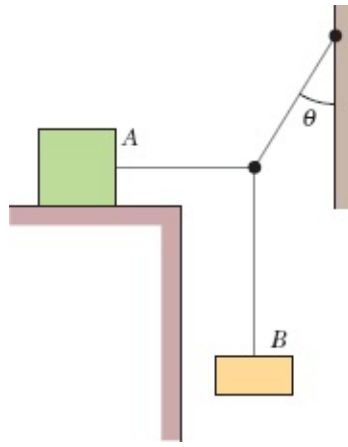


Figura 12-64 Problema 55.

56 A Fig. 12-65a mostra uma rampa homogênea, instalada entre dois edifícios, que leva em conta a possibilidade de que os edifícios oscilem ao serem submetidos a ventos fortes. Na extremidade esquerda, a rampa está presa por uma dobradiça à parede de um dos edifícios; na extremidade direita, tem um rolamento que permite o movimento ao longo da parede do outro edifício. A força que o edifício da direita exerce sobre o rolamento não possui componente vertical, mas apenas uma força horizontal de módulo F_h . A distância horizontal entre os edifícios é $D = 4,00$ m. O desnível entre as extremidades da rampa é $h = 0,490$ m. Um homem caminha ao longo da rampa a partir da extremidade esquerda. A Fig. 12-65b mostra F_h em função da distância horizontal x entre o homem e o edifício da esquerda. A escala do eixo de F_h é definida por $a = 20$ kN e $b = 25$ kN. (a) Qual é a massa da rampa? (b) Qual é a massa do homem?

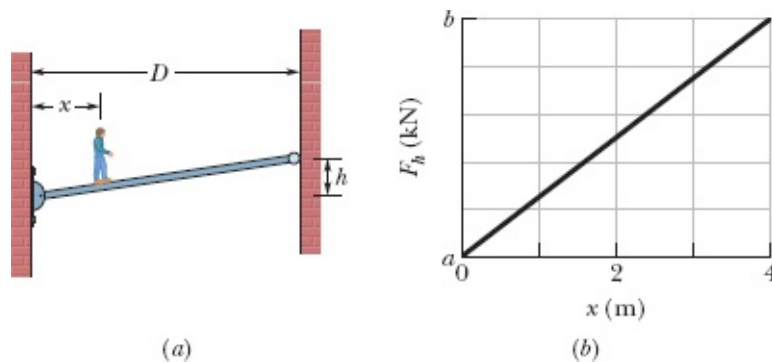


Figura 12-65 Problema 56.

57 Na Fig. 12-66, uma esfera de 10 kg está presa por um cabo em um plano inclinado sem atrito que faz um ângulo $\theta = 45^\circ$ com a horizontal. O ângulo ϕ é 25° . Calcule a tração do cabo.

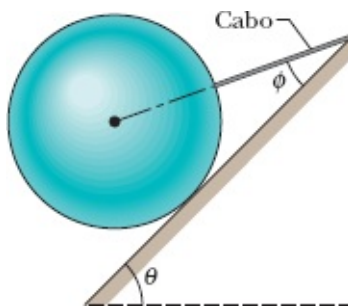


Figura 12-66 Problema 57.

58 Na Fig. 12-67a, uma viga homogênea de 40,0 kg repousa simetricamente em dois rolamentos. As distâncias entre as marcas verticais ao longo da viga são iguais. Duas das marcas coincidem com a posição dos rolamentos; um pacote de 10,0 kg é colocado na viga, na posição do rolamento *B*. Qual é o módulo da força exercida sobre a viga (a) pelo rolamento *A* e (b) pelo rolamento *B*? A viga é empurrada para a esquerda até que a extremidade direita esteja acima do rolamento *B* (Fig. 12-67b). Qual é o novo módulo da força exercida sobre a viga (c) pelo rolamento *A* e (d) pelo rolamento *B*? Em seguida, a viga é empurrada para a direita. Suponha que a viga tenha um comprimento de 0,800 m. (e) Que distância horizontal entre o pacote e o rolamento *B* coloca a viga na iminência de perder contato com o rolamento *A*?

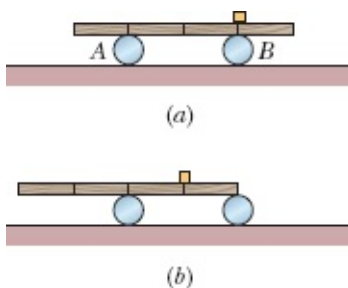


Figura 12-67 Problema 58.

59 Na Fig. 12-68, uma caçamba de 817 kg está suspensa por um cabo *A* que, por sua vez, está preso no ponto *O* a dois outros cabos, *B* e *C*, que fazem ângulos $\theta_1 = 51,0^\circ$ e $\theta_2 = 66,0^\circ$ com a horizontal. Determine a tração (a) do cabo *A*, (b) do cabo *B* e (c) do cabo *C*. (*Sugestão:* Para não ter de resolver um sistema de duas equações com duas incógnitas, defina os eixos da forma mostrada na figura.)

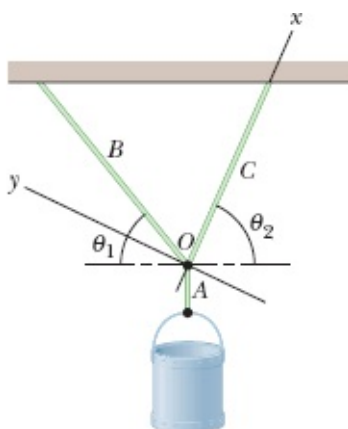


Figura 12-68 Problema 59.

60 Na Fig. 12-69, um pacote de massa m está pendurado em uma corda que, por sua vez, está presa à parede pela corda 1 e ao teto pela corda 2. A corda 1 faz um ângulo $\phi = 40^\circ$ com a horizontal; a corda 2 faz um ângulo θ . (a) Para que valor de θ a tração da corda 2 é mínima? (b) Qual é a tração mínima, em múltiplos de mg ?

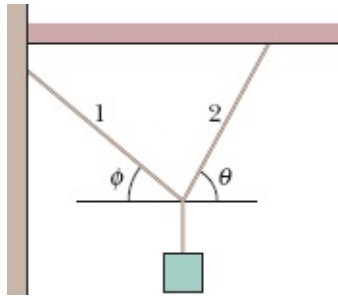


Figura 12-69 Problema 60.

61 A força \vec{F} da Fig. 12-70 mantém o bloco de 6,40 kg e as polias em equilíbrio. As polias têm massa e atrito desprezíveis. Calcule a tração T do cabo de cima. (*Sugestão:* Quando um cabo dá meia-volta em torno de uma polia, como neste problema, o módulo da força que exerce sobre a polia é o dobro da tração do cabo.)

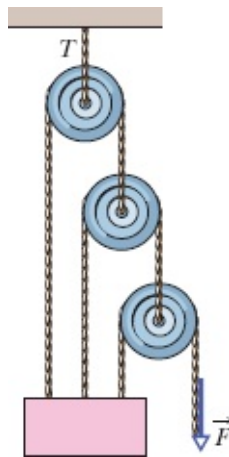


Figura 12-70 Problema 61.

62 Um elevador de mina é sustentado por um único cabo de aço com 2,5 cm de diâmetro. A massa total do elevador e seus ocupantes é 670 kg. De quanto o cabo se alonga quando o elevador está pendurado por (a) 12 m e (b) 362 m de cabo? (Despreze a massa do cabo.)

63 ~~Quatro~~ Quatro tijolos de comprimento L , iguais e homogêneos, são empilhados (Fig. 12-71) de tal forma que parte de cada um se estende além da superfície na qual está apoiado. Determine, em função de L , o valor máximo de (a) a_1 , (b) a_2 , (c) a_3 , (d) a_4 e (e) h para que a pilha fique em equilíbrio.

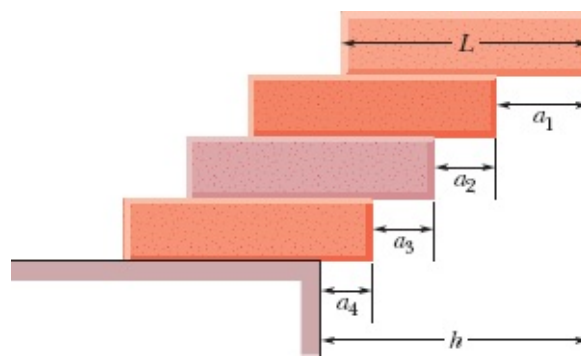


Figura 12-71 Problema 63.

64 Na Fig. 12-72, duas esferas iguais, homogêneas e sem atrito, de massa m , repousam em um recipiente retangular rígido. A reta que liga os centros das esferas faz 45° com a horizontal. Determine o módulo da força exercida (a) pelo fundo do recipiente sobre a esfera de baixo, (b) pela parede lateral esquerda do recipiente sobre a esfera de baixo, (c) pela parede lateral direita do recipiente sobre a esfera de cima e (d) por uma das esferas sobre a outra. (Sugestão: A força de uma esfera sobre a outra tem a direção da reta que liga os centros das esferas.)

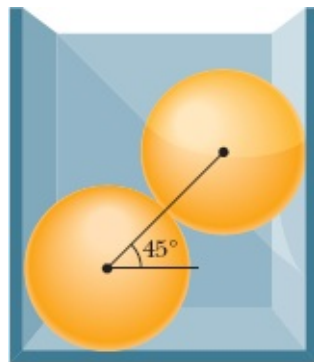


Figura 12-72 Problema 64.

65 Na Fig. 12-73, uma viga homogênea com 60 N de peso e 3,2 m de comprimento está presa a uma dobradiça na extremidade inferior, e uma força horizontal \vec{F} de módulo 50 N age sobre a extremidade superior. A viga é mantida na posição vertical por um cabo que faz um ângulo $\theta = 25^\circ$ com o chão e está preso à viga a uma distância $h = 2,0$ m do chão. (a) Qual é a tração do cabo e (b) qual é a força exercida pela dobradiça sobre a viga, na notação dos vetores unitários?

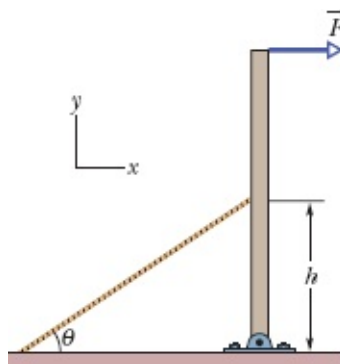


Figura 12-73 Problema 65.

66 Uma viga homogênea tem 5,0 m de comprimento e massa de 53 kg. Na Fig. 12-74, a viga está sustentada na posição horizontal por uma dobradiça e um cabo; $\theta = 60^\circ$. Na notação dos vetores unitários, qual é a força que a dobradiça exerce sobre a viga?

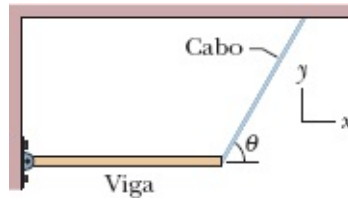


Figura 12-74 Problema 66.

67 Um cubo de cobre maciço tem 85,5 cm de lado. Qual é a tensão que deve ser aplicada ao cubo para reduzir o lado para 85,0 cm? O módulo de elasticidade volumétrico do cobre é $1,4 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$.

68 Um operário tenta levantar uma viga homogênea do chão até a posição vertical. A viga tem 2,50 m de comprimento e pesa 500 N. Em um dado instante, o operário mantém a viga momentaneamente em repouso com a extremidade superior a uma distância $d = 1,50 \text{ m}$ do chão, como mostra a Fig. 12-75, exercendo uma força \vec{P} perpendicular à viga. (a) Qual é o módulo P da força? (b) Qual é o módulo da força (resultante) que o piso exerce sobre a viga? (c) Qual é o valor mínimo do coeficiente de atrito estático entre a viga e o piso para que a viga não escorregue nesse instante?

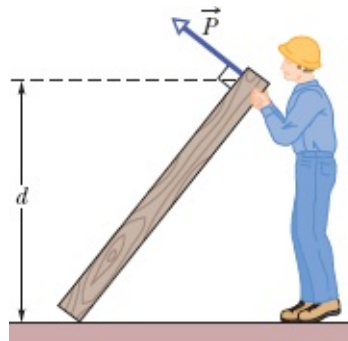


Figura 12-75 Problema 68.

69 Na Fig. 12-76, uma viga homogênea de massa m está presa a uma parede por uma dobradiça na extremidade inferior, enquanto a extremidade superior é sustentada por uma corda presa na parede. Se $\theta_1 = 60^\circ$, que valor deve ter o ângulo θ_2 para que a tração da corda seja $mg/2$?

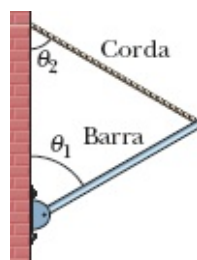


Figura 12-76 Problema 69.

70 Um homem de 73 kg está em pé em uma ponte horizontal de comprimento L , a uma distância $L/4$ de

uma das extremidades. A ponte é homogênea e pesa 2,7 kN. Qual é o módulo da força vertical exercida sobre a ponte pelos suportes (a) na extremidade mais afastada do homem e (b) na extremidade mais próxima do homem?

71 Um cubo homogêneo de 8,0 cm de lado repousa em um piso horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o cubo e o piso é μ . Uma força horizontal \vec{P} é aplicada perpendicularmente a uma das faces verticais do cubo, 7,0 cm acima do piso, em um ponto da reta vertical que passa pelo centro da face do cubo. O módulo de \vec{P} é gradualmente aumentado. Para que valor de μ o cubo finalmente (a) começa a escorregar e (b) começa a tombar? (*Sugestão: Qual é o ponto de aplicação da força normal quando o cubo está prestes a tombar?*)

72 O sistema da Fig. 12-77 está em equilíbrio. Os ângulos são $\theta_1 = 60^\circ$ e $\theta_2 = 20^\circ$ e a bola tem uma massa $M = 2,0$ kg. Qual é a tração (a) qual a da corda ab e (b) qual a da corda bc ?

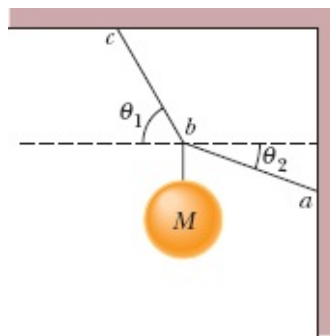


Figura 12-77 Problema 72.

73 Uma escada homogênea tem 10 m de comprimento e pesa 200 N. Na Fig. 12-78, a escada está apoiada em uma parede vertical sem atrito a uma altura $h = 8,0$ m acima do piso. Uma força horizontal \vec{F} é aplicada à escada a uma distância $d = 2,0$ m da base (medida ao longo da escada). (a) Se $F = 50$ N, qual é a força que o piso exerce sobre a escada, na notação dos vetores unitários? (b) Se $F = 150$ N, qual é a força que o piso exerce sobre a escada, também na notação dos vetores unitários? (c) Suponha que o coeficiente de atrito estático entre a escada e o chão seja 0,38; para que valor de F a base da escada está na iminência de se mover em direção à parede?

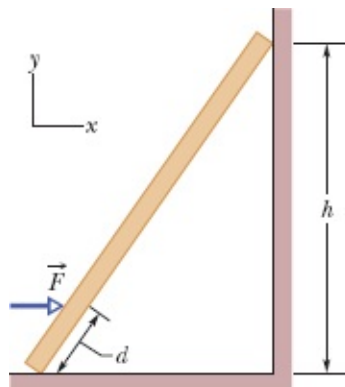


Figura 12-78 Problema 73.

74 Uma balança de pratos consiste em uma barra rígida de massa desprezível e dois pratos pendurados

nas extremidades da barra. A barra está apoiada em um ponto que não fica do centro da barra, em torno do qual pode girar livremente. Para que a balança fique em equilíbrio, massas diferentes devem ser colocadas nos dois pratos. Uma massa m desconhecida, colocada no prato da esquerda, é equilibrada por uma massa m_1 no prato da direita; quando a mesma massa m é colocada no prato da direita, é equilibrada por uma massa m_2 no prato da esquerda. Mostre que $m = \sqrt{m_1 m_2}$.

75 A armação quadrada rígida da Fig. 12-79 é formada por quatro barras laterais AB , BC , CD e DA e duas barras diagonais AC e BD , que passam livremente uma pela outra no ponto E . A barra AB é submetida a uma tensão trativa pelo esticador G , como se as extremidades estivessem submetidas a forças horizontais \vec{T} , para fora do quadrado, de módulo 535 N. (a) Quais das outras barras também estão sob tração? Quais são os módulos (b) das forças que causam essas trações e (c) das forças que causam compressão nas outras barras? (*Sugestão: Considerações de simetria podem simplificar bastante o problema.*)

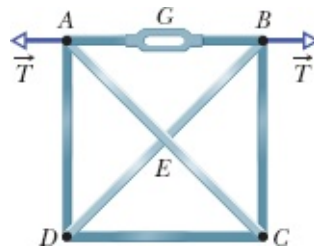


Figura 12-79 Problema 75.

76 Uma ginasta com 46,0 kg de massa está em pé na extremidade de uma trave, como mostra a Fig. 12-80. A trave tem 5,00 m de comprimento e massa de 250 kg. Os suportes estão a 0,540 m das extremidades da trave. Na notação dos vetores unitários, qual é a força exercida sobre a trave (a) pelo suporte 1 e (b) pelo suporte 2?

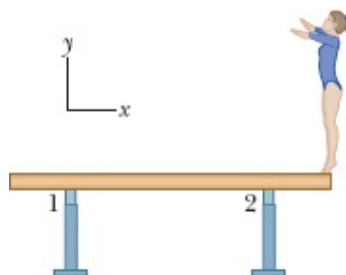


Figura 12-80 Problema 76.

77 A Fig. 12-81 mostra um cilindro horizontal de 300 kg sustentado por três fios de aço presos em um teto. Os fios 1 e 3 estão nas extremidades do cilindro e o fio 2 está no centro. Os fios têm uma seção reta de $2,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2$. Inicialmente (antes de o cilindro ser pendurado), os fios 1 e 3 tinham 2,0000 m de comprimento e o fio 2 era 6,00 mm mais comprido que os outros dois. Agora (com o cilindro no lugar), os três fios estão esticados. Qual é a tração (a) no fio 1 e (b) no fio 2?

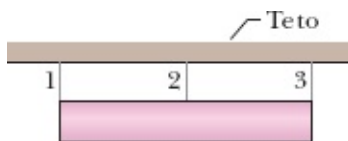


Figura 12-81 Problema 77.

78 Na Fig. 12-82, uma viga homogênea de 12,0 m de comprimento é sustentada por um cabo horizontal e por uma dobradiça e faz um ângulo $\theta = 50,0^\circ$ com a horizontal. A tração do cabo é 400 N. Na notação dos vetores unitários, qual é (a) a força gravitacional a que a viga está submetida e (b) qual é a força que a dobradiça exerce sobre a viga?

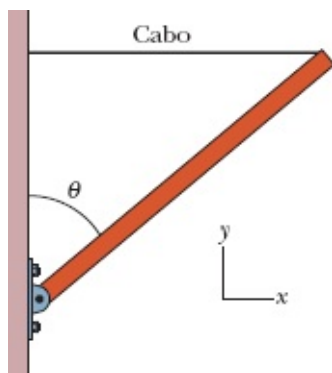


Figura 12-82 Problema 78.

79 Quatro tijolos iguais e homogêneos, de comprimento L , são empilhados de duas formas diferentes em uma mesa, como mostra a Fig. 12-83 (compare com o Problema 63). Estamos interessados em maximizar a distância h nas duas configurações. Determine as distâncias ótimas a_1 , a_2 , b_1 e b_2 e calcule h para os dois arranjos.

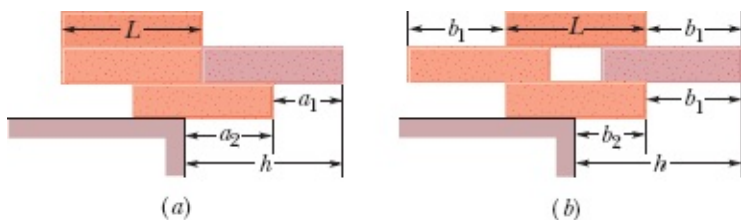


Figura 12-83 Problema 79.

80 Uma barra cilíndrica homogênea de alumínio, com um comprimento inicial de 0,8000 m e um raio de $1000,0 \mu\text{m}$, é fixada em uma extremidade e esticada por uma máquina que puxa a outra extremidade paralelamente à maior dimensão da barra. Supondo que a massa específica (massa por unidade de volume) da barra não varia, determine o módulo da força que a máquina deve aplicar à barra para que o raio da barra diminua para $999,9 \mu\text{m}$. (O limite elástico não é ultrapassado.)

81 Uma viga de comprimento L é carregada por três homens, um em uma extremidade e os outros dois apoiando a viga entre eles em uma barra transversal posicionada de tal forma que o peso da viga seja dividido igualmente entre os três homens. A que distância da extremidade livre da viga está a barra de apoio? (Despreze a massa da barra de apoio.)

82 Se a viga (quadrada) do Exemplo 12.02 é feita de pinho, qual deve ser a espessura da viga para que a tensão compressiva a que está submetida seja $1/6$ do limite de ruptura?

83 A Fig. 12-84 mostra um arranjo estacionário de duas caixas de lápis e três cordas. A caixa A tem massa de 11,0 kg e está em uma rampa de ângulo $\theta = 30,0^\circ$; a caixa B tem massa de 7,00 kg e está pendurada. A corda presa à caixa A está paralela à rampa, cujo atrito é desprezível. (a) Qual é a tração da corda de cima e (b) que ângulo essa corda faz com a horizontal?

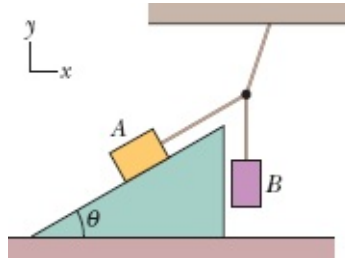



Figura 12-84 Problema 83.

84 Um balanço improvisado foi construído fazendo uma alça em uma das pontas de uma corda e amarrando a outra ponta no galho de uma árvore. Uma criança está sentada na alça, com a corda na vertical, quando o pai da criança a empurra com uma força horizontal, deslocando-a para um lado. Imediatamente antes de a criança ser liberada a partir do repouso, a corda faz um ângulo de 15° com a vertical, e a tração da corda é de 280 N. (a) Quanto pesa a criança? (b) Qual é o módulo da força (horizontal) que o pai está exercendo sobre a criança, imediatamente antes de liberá-la? (c) Se a força máxima que o pai pode exercer sobre a criança é 93 N, qual é o maior ângulo com a vertical que a corda pode fazer enquanto o pai empurra horizontalmente a criança?

85  A Fig. 12-85a mostra detalhes de um dos dedos da alpinista da Fig. 12-50. Um tendão proveniente dos músculos do antebraço está preso na falange distal. No caminho, o tendão passa por várias estruturas fibrosas chamadas *polias*. A polia A2 está presa na falange proximal; a polia A4 está presa na falange medial. Para puxar o dedo na direção da palma da mão, os músculos do antebraço puxam o tendão, mais ou menos do mesmo modo como as cordas de uma marionete são usadas para movimentar os membros do boneco. A Fig. 12-85b é um diagrama simplificado da falange medial, que tem um comprimento d . A força que o tendão exerce sobre o osso, \vec{F}_b , está aplicada no ponto em que o tendão entra na polia A4, a uma distância $d/3$ da extremidade da falange medial. Se as componentes das forças que agem sobre cada um dos dedos em pinça da Fig. 12-50 são $F_h = 13,4$ N e $F_v = 162,4$ N, qual é o módulo de \vec{F}_t ? O resultado é provavelmente tolerável, mas se a alpinista ficar pendurada por apenas um ou dois dedos, as polias A2 e A4 poderão se romper, um problema que frequentemente aflige os alpinistas.

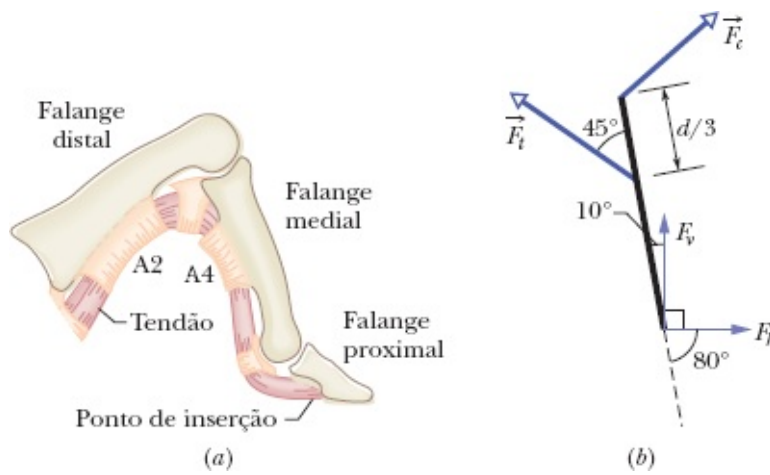


Figura 12-85 Problema 85.

- 86** Um alçapão quadrado em um teto tem 0,91 m de lado, uma massa de 11 kg e está preso por uma dobradiça de um lado e por um ferrolho do lado oposto. Se o centro de gravidade do alçapão está a 10 cm do centro em direção ao lado que está preso pela dobradiça, qual é o módulo da força exercida pelo alçapão (a) sobre o ferrolho e (b) sobre a dobradiça?
- 87** Uma partícula é submetida a forças dadas, em newtons, por $\vec{F}_1 = 8,40\hat{i} - 5,70\hat{j}$ e $\vec{F}_2 = 16,0\hat{i} + 4,10\hat{j}$. (a) Qual é a componente x e (b) qual é a componente y da força \vec{F}_3 que equilibra a resultante das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 ? (c) Qual é o ângulo da força \vec{F}_3 com o semieixo x positivo?
- 88** A Torre de Pisa tem 59,1 m de altura e 7,44 m de diâmetro. O alto da torre está deslocado 4,01 m em relação à vertical. Modele a torre como um cilindro circular homogêneo. (a) Que deslocamento adicional do alto da torre faria com que a torre ficasse no limiar de tombar? (b) Qual seria o ângulo correspondente da torre em relação à vertical?