

5.69 O salto de uma pulga. Filmes de alta velocidade (3500 quadros por segundo) do salto de uma pulga de $210 \mu\text{g}$ forneceu os dados para o gráfico da aceleração da pulga em função do tempo indicado na Figura 5.66 (Veja "The Flying Leap of the Flea", por M. Rothschild et al., edição de novembro de 1973, *Scientific American*.) Essa pulga tem cerca de 2 mm de comprimento e seu salto forma um ângulo praticamente vertical de decolagem. Use as medidas mostradas no gráfico para responder a estas questões. a) Ache a força resultante externa *inicial* que atua sobre a pulga. Como ela se relaciona com o peso da pulga? b) Ache a força resultante externa *máxima* que atua sobre o salto da pulga. Quando essa força máxima ocorre? c) Use o gráfico para achar a velocidade escalar máxima da pulga.

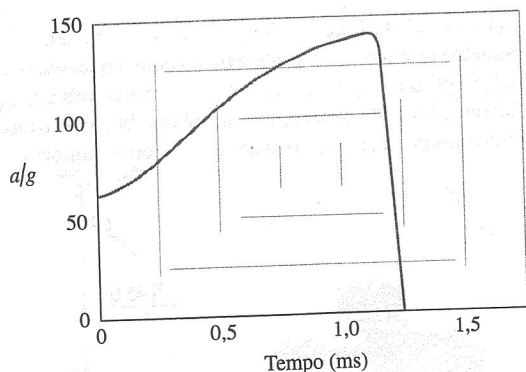


Figura 5.66 Problema 5.69.

5.70 Um foguete de 25000 kg é lançado verticalmente da superfície terrestre com velocidade constante. Durante o movimento considerado neste problema, suponha que g permanece constante (ver Capítulo 12). No interior do foguete, um instrumento de 15,0 N está suspenso por um fio capaz de suportar uma tensão de 35,0 N. a) Ache o tempo mínimo necessário para o foguete atingir a barreira do som (330 m/s) sem romper o cabo no seu interior e a força propulsora vertical máxima dos motores do foguete sob essas condições. b) A que distância acima da superfície terrestre está o foguete, quando rompe a barreira do som?

5.71 Você está em pé sobre uma balança portátil colocada no elevador de um prédio alto. Sua massa é 72 kg. O elevador parte do repouso e se desloca de baixo para cima com uma velocidade escalar que varia com o tempo, de acordo com $v(t) = (3,0 \text{ m/s}^2)t + (0,20 \text{ m/s}^3)t^2$. Quando $t = 4,0 \text{ s}$, qual é a leitura da balança?

5.72 Projeto de um elevador. Você está projetando um elevador para um hospital. A força exercida sobre um passageiro pelo piso do elevador não deve exceder a 1,60 vezes o peso do passageiro. O elevador acelera de baixo para cima com aceleração constante por uma distância de 3,0 m e depois começa a reduzir a velocidade. Qual é a velocidade escalar máxima do elevador?

5.73 Você trabalha em uma empresa de transporte de carga. Sua função é ficar na base de uma rampa de 8,0 m de comprimento, com inclinação de 37° sobre o plano horizontal. Você retira os pacotes de uma correia transportadora e os coloca na rampa. O coeficiente de atrito cinético entre os pacotes e a rampa é $\mu_c = 0,30$. a) Qual é a velocidade inicial necessária para que um pacote na base da rampa chegue ao topo da rampa com velocidade escalar igual a zero? b) Sua colega deve apanhar os pacotes quando chegam ao topo da rampa, mas ela deixa escapar um, que desliza de volta para baixo. Qual é a velocidade escalar desse pacote, quando ele retorna a você?

5.74 Um martelo está suspenso por uma corda leve presa ao topo do teto de um ônibus, teto esse que está paralelo à rua. O ônibus se desloca em linha reta sobre uma rua horizontal. Você observa que o martelo fica suspenso em repouso em relação ao ônibus, quando o ângulo entre a corda e o teto do ônibus é 74° . Qual é a aceleração do ônibus?

5.75 Uma máquina de lavar em aço está suspensa no interior de um engradado, a partir de um fio leve que está preso ao topo do engradado. Este desliza para baixo de uma longa rampa com inclinação que forma um ângulo de 37° acima do plano horizontal. A massa do engradado é de 180 kg. Você está sentado dentro do engradado (com uma lanterna); a sua massa é de 55 kg. À medida que o engradado desliza rampa abaixo, você nota que a lavadora fica em repouso em relação ao engradado quando o fio forma um ângulo de 68° com o topo do engradado. Qual é o coeficiente de atrito cinético entre a rampa e o engradado?

5.76 Hora do almoço! Você está dirigindo a sua motocicleta por uma rua molhada e segue de cima para baixo a um ângulo de 20° abaixo do plano horizontal. Quando você começa a descer pela encosta da colina, percebe que uma equipe de construção cavou um buraco profundo na rua, ao pé da colina. Um tigre siberiano que escapou do zoológico da cidade se alojou no buraco. Você pisa nos freios e trava as rodas no topo da colina, quando está se movendo com uma velocidade escalar de 20 m/s. A rua inclinada à sua frente tem 40 m de comprimento. a) Você vai cair no buraco e servir de almoço para o tigre ou você derrapa até parar antes de chegar ao buraco? (Os coeficientes de atrito entre os pneus da motocicleta e o pavimento úmido são $\mu_s = 0,90$ e $\mu_c = 0,70$.) b) Qual deve ser a sua velocidade escalar inicial antes de chegar ao buraco?

5.77 No sistema indicado na Figura 5.54, 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 $m_A = 2,0 \text{ kg}$, $m_B = 0,400 \text{ kg}$, $m_{\text{corda}} = 0,160 \text{ kg}$ e $L = 1,0 \text{ m}$. 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 estão inicialmente em repouso. c) Repita a parte (b) para o caso $m_{\text{corda}} = 0,040 \text{ kg}$. Os blocos se moverão nesse caso?

5.78 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?

5.79 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 o norte com velocidade constante. Ache o módulo e a direção da força de atrito que atua sobre a caixa. a) quando a caminhonete possuía aceleração de $2,20 \text{ m/s}^2$ do sul para o norte; b) quando a caminhonete possuía aceleração de $3,40 \text{ m/s}^2$ do norte para o sul.

5.80 Processo de trânsito. Você é convocado como testemunha no julgamento de uma violação de trânsito. Os fatos são estes:

um motorista freou bruscamente e parou com aceleração constante. Medidas tomadas dos pneus e das marcas da derrapagem indicam que ele travou as rodas do carro, que o carro percorreu 192 pés antes de parar e que o coeficiente de atrito cinético entre a rua e os pneus era 0,750. A acusação é a de que ele estava em excesso de velocidade em uma área de 45 milhas/h. Ele alega inocência. Qual é a sua conclusão, culpado ou inocente? Qual era a velocidade do motorista quando ele freou?

5.81 Duas bolas idênticas de 15,0 kg, e 25,0 cm de diâmetro cada uma, estão suspensas por dois fios de 35,0 cm, como indicado na Figura 5.67. Todo o aparato é suportado por um único fio de 18,0 cm e as superfícies das bolas são perfeitamente lisas. a) Ache a tensão em cada um dos três fios. b) Qual é a força exercida por uma bola sobre a outra?

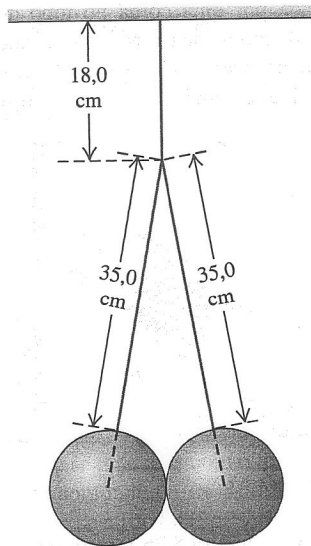
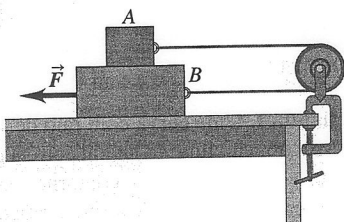


Figura 5.67 Problema 5.81.

5.82 **Perda de carga.** Uma caixa de 12,0 kg está em repouso sobre o piso de um caminhão. Os coeficientes de atrito entre a caixa e o piso são $\mu_s = 0,19$ e $\mu_c = 0,15$. O caminhão pára obedecendo a uma placa de parada obrigatória e recomeça a se mover com uma aceleração de $2,20 \text{ m/s}^2$. Se a caixa está a 1,80 m da traseira do caminhão quando o caminhão começa a se mover, quanto tempo se passará até a caixa cair do caminhão? Qual distância o caminhão percorre nesse intervalo de tempo?

5.83 O bloco A da Figura 5.68 pesa 1,40 N e o bloco B pesa 4,20 N. O coeficiente de atrito cinético entre todas as superfícies é 0,30. Determine o módulo da força horizontal \vec{F} necessária para arrastar o bloco B para a esquerda com velocidade constante, considerando que A está conectado ao bloco B por meio de uma corda leve e flexível que passa sobre uma polia fixa sem atrito.



5.84 Você faz parte da equipe de projeto para uma exploração do planeta Marte, onde $g = 3,7 \text{ m/s}^2$. Uma exploradora deve deixar o veículo de exploração que se desloca horizontalmente a 33 m/s quando estiver 1200 m acima da superfície, e então, mover-se em queda livre por 20 s. Nesse instante, um sistema portátil de propulsão avançada (PAPS, do inglês *portable advanced propulsion system*) deve exercer uma força constante que diminuirá a velocidade da exploradora até chegar a zero no instante em que ela toca a superfície. A massa total (exploradora, roupa espacial, equipamento e PAPS) é de 150 kg. Despreze a variação da massa do PAPS. Ache os componentes horizontal e vertical da força que o PAPS deve exercer e por quanto tempo o PAPS deve exercê-la. Despreze a resistência do ar.

5.85 O bloco A da Figura 5.69 possui massa de 4,0 kg e o bloco B possui massa de 12,0 kg. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco B e a superfície horizontal é 0,25. a) Determine a massa do bloco C, sabendo que o bloco B está se movendo para a direita e aumenta de velocidade com uma aceleração igual a $2,0 \text{ m/s}^2$. b) Qual é a tensão em cada corda quando o bloco B possui essa aceleração?

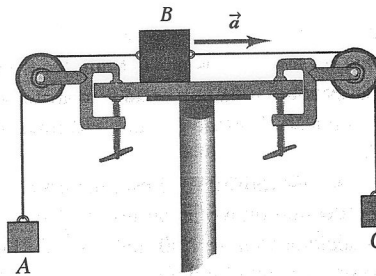


Figura 5.69 Problema 5.85.

5.86 Dois blocos estão conectados por uma corda que passa sobre uma polia fixa sem atrito e repousam sobre planos inclinados (Figura 5.70). a) Como os blocos devem se mover quando forem soltos a partir do repouso? b) Qual é a aceleração de cada bloco? c) Qual é a tensão na corda?

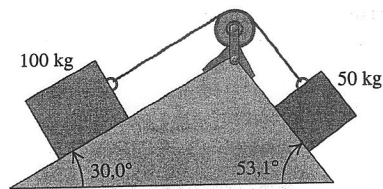


Figura 5.70 Problema 5.86.

5.87 Determine a aceleração de cada bloco da Figura 5.71 em função de m_1 , de m_2 e de g . Não existe nenhum atrito em nenhuma parte do sistema.

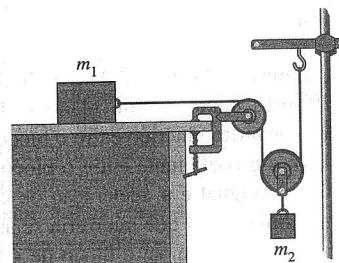


Figura 5.71 Problema 5.87.

5.88 Um bloco *B* de massa de 5 kg está sobre um bloco *A* de massa de 8 kg, que por sua vez está sobre o topo de uma mesa horizontal (Figura 5.72). Não há atrito entre o bloco *A* e o topo da mesa, mas o coeficiente de atrito cinético entre o bloco *A* e o topo da mesa é 0,750. Um fio leve ligado ao bloco *A* passa sobre uma polia fixa sem atrito e o bloco *C* está suspenso na outra extremidade do fio. Qual deve ser o maior valor da massa m_c que o bloco *C* deve possuir para que os blocos *A* e *B* deslizem juntos quando o sistema for libertado a partir do repouso?

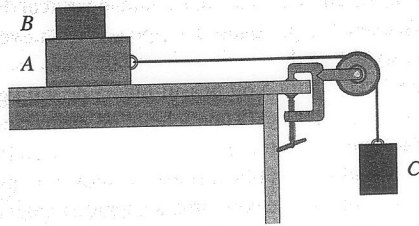


Figura 5.72 Problema 5.88.

5.89 Dois objetos com massas de 5,0 kg e 2,0 kg estão suspensos a 0,600 m acima do solo presos nas extremidades de uma corda de 6,0 m que passa sobre uma polia fixa sem atrito. Os dois objetos partem do repouso. Calcule a altura máxima atingida pelo objeto de 2,0 kg.

5.90 Atrito em um elevador. Você está dentro de um elevador que sobe para o décimo oitavo andar do seu prédio. O elevador sobe com uma aceleração $a = 1,90 \text{ m/s}^2$. Ao seu lado está uma caixa contendo seu computador novo; a massa total da caixa com o conteúdo é de 28,0 kg. Enquanto o elevador está acelerando para cima, você empurra horizontalmente a caixa com velocidade constante para a porta do elevador. Se o coeficiente de atrito cinético entre a caixa e o piso do elevador é $\mu_c = 0,32$, qual é o módulo da força que você deve aplicar?

5.91 Qual deve ser a aceleração do carrinho da Figura 5.73 para que o bloco *A* não caia? O coeficiente de atrito estático entre o bloco e o carrinho é μ_s . Como seria o comportamento do bloco descrito por um observador no carrinho?

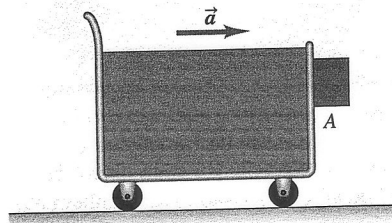


Figura 5.73 Problema 5.91.

5.92 Dois blocos de massas 4,0 kg e 8,0 kg estão ligados por um fio e deslizam 30° para baixo de um plano inclinado (Figura 5.74). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco de 4,0 kg e o plano é igual a 0,25; e o coeficiente entre o bloco de 8,0 kg e o plano é igual a 0,35. a) Qual é a aceleração de cada bloco? b) Qual é a tensão na corda? c) O que ocorreria se as posições dos blocos fossem invertidas, isto é, se o bloco de 4,0 kg estivesse acima do bloco de 8,0 kg?

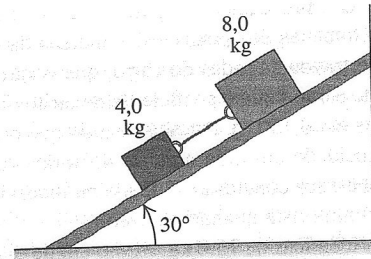


Figura 5.74 Problema 5.92.

5.93 Um bloco *A*, com peso $3p$, desliza sobre um plano inclinado *S* com inclinação de $36,9^\circ$ a uma velocidade constante, enquanto a prancha *B*, com peso p , está em repouso sobre *A*. A prancha está ligada por uma corda no topo do plano (Figura 5.75). a) Faça um diagrama de todas as forças que atuam sobre *A*. b) Se o coeficiente de atrito cinético entre *A* e *B* for igual ao coeficiente de atrito cinético entre *S* e *A*, calcule o seu valor.

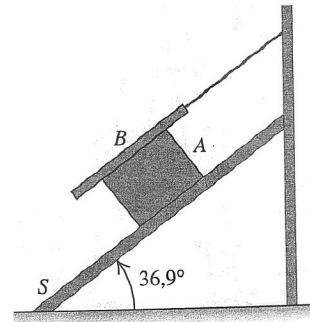


Figura 5.75 Problema 5.93.

5.94 Acelerômetro. A Figura 5.76 mostra um sistema que pode ser usado para medir a sua aceleração. Um observador que caminha sobre a plataforma mede o ângulo θ que o fio que sustenta a bola leve forma com o plano vertical. Não há atrito em nenhum ponto. a) Como θ se relaciona com a aceleração do sistema? b) Se $m_1 = 250 \text{ kg}$ e $m_2 = 1250 \text{ kg}$, qual é o ângulo θ ? c) Se você pode variar m_1 e m_2 , qual é o maior ângulo θ a ser atingido? Explique como você deve ajustar m_1 e m_2 para isso.

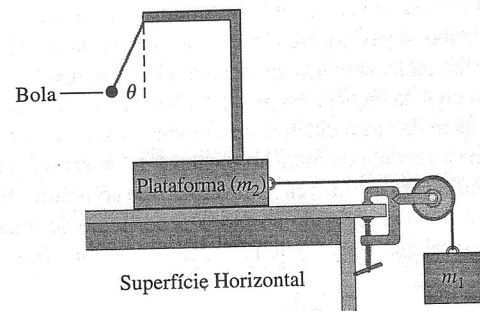


Figura 5.76 Problema 5.94.

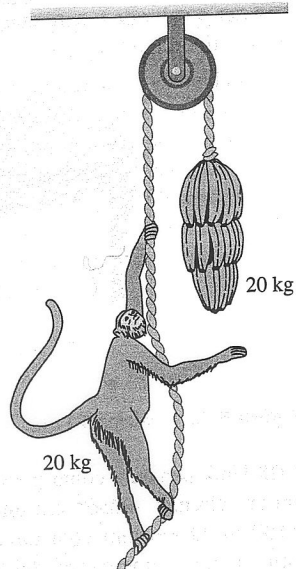
5.95 Curva inclinada I. Uma curva com raio de 120 m em uma estrada plana possui uma inclinação lateral correta para uma velocidade de 20 m/s. Caso um carro contorne essa curva com 30 m/s, qual deve ser o coeficiente de atrito estático mínimo entre os pneus e a estrada para que o carro não derrape?

5.96 Curva inclinada II. Considere uma estrada molhada com inclinação lateral como no Exemplo 5.23 (Seção 5.4), no qual há um coeficiente de atrito estático de 0,30 e um coeficiente de atrito cinético de 0,25 entre os pneus e a estrada. O raio da curva é $R = 50$ m. a) Se o ângulo de inclinação lateral for $\beta = 25^\circ$, qual é a velocidade *máxima* que um carro pode ter antes que ele deslize *para cima* do plano inclinado? b) Qual a velocidade *mínima* que um carro pode ter antes que ele deslize *para baixo* do plano inclinado?

5.97 Velocidade máxima segura. Em seu percurso diário até o campus da faculdade, você segue por uma rua que faz uma grande curva com o formato aproximado do arco de um círculo. Há uma placa no início da curva, sinalizando para o limite de velocidade máxima de 55 mi/h. Você observa também que a rua é plana, na parte curva — ou seja, não há inclinação nesse ponto. Em um dia seco, com pouco tráfego, você contorna a curva a uma velocidade escalar constante de 80 milhas/h e sente que o carro pode derrapar, caso não reduza a velocidade rapidamente. Você conclui que sua velocidade escalar está no limite de segurança para essa curva e por isso reduz a velocidade. Entretanto, você se lembra de ter lido que, em pavimento seco, os pneus novos possuem um coeficiente de atrito estático de aproximadamente 0,76, ao passo que, sob as piores condições de dirigibilidade no inverno, você pode encontrar gelo na pista para o qual o coeficiente de atrito estático pode baixar a 0,20. A ocorrência de gelo nessa pista não é rara, por isso você se pergunta se o limite de velocidade na placa serve para o pior cenário. a) Estime o raio da curva a partir da sua experiência de 80 milhas/h em curva seca. b) Use essa estimativa para determinar o limite máximo de velocidade na curva, sob as piores condições de gelo na pista. Como o seu resultado se relaciona com o limite de velocidade na placa? A placa está confundindo os motoristas? c) Em um dia chuvoso, o coeficiente de atrito estático seria de aproximadamente 0,37. Qual é a velocidade máxima segura para a curva quando a pista está molhada? A sua resposta ajuda a compreender o sinal de velocidade máxima?

5.98 Você está viajando em um ônibus escolar. Quando o ônibus contorna uma curva plana com velocidade constante, uma lancheira com massa de 0,500 kg suspensa no teto do ônibus por um fio de 1,80 m de comprimento permanece em repouso em relação ao ônibus quando o fio faz um ângulo de $30,0^\circ$ com a vertical. Nessa posição, a lancheira está a 50,0 m de distância do centro da curva. Qual é a velocidade v do ônibus?

5.99 O problema do macaco e das bananas. Um macaco de 20 kg segura firmemente uma corda que passa sobre uma polia sem atrito e está amarrada a um cacho de bananas com 20 kg (Figura 5.77). O macaco olha para cima, vê as bananas e começa a subir pela corda para alcançá-las. a) À medida que o macaco sobe, o cacho de bananas permanece em repouso,



que o macaco sobe, a distância entre ele e o cacho de bananas permanece a mesma, aumenta ou diminui? c) O macaco larga a corda. O que acontece com a distância entre o macaco e o cacho de bananas durante a queda? d) Antes de chegar ao chão, o macaco agarra a corda para impedir sua queda. O que ocorre com o cacho de bananas?

5.100 Uma pedra é lançada para baixo sobre a água com velocidade igual a 3 mg/k, onde k é o coeficiente da Equação (5.7). Supondo que a relação entre a resistência do fluido e a velocidade seja dada pela Equação (5.7), ache a velocidade da pedra em função do tempo.

5.101 Um pedaço de rocha com massa de 3,0 kg cai a partir do repouso em um meio viscoso. Sobre a rocha atua uma força resultante de cima para baixo de módulo igual a 18,0 N (uma combinação entre o peso e a força de empuxo exercida pelo meio) e uma força de resistência do fluido $f = kv$, onde v é a velocidade em m/s e $k = 2,20$ N · s/m. (Veja a Seção 5.3.) a) Ache a aceleração inicial a_0 . b) Ache a aceleração quando a velocidade é de 3,0 m/s. c) Ache a velocidade quando a aceleração é de $0,1a_0$. d) Ache a velocidade terminal v_T . e) Ache a posição, a velocidade e a aceleração 2,0 s depois de o movimento começar. f) Ache o tempo necessário para que a velocidade seja de $0,9v_T$.

5.102 Uma rocha com massa m desliza com velocidade inicial v_0 sobre uma superfície horizontal. Uma força retardadora F_r que a superfície exerce sobre a rocha é proporcional à raiz quadrada da velocidade instantânea da rocha ($F_r = -kv^{1/2}$). a) Obtenha expressões para a velocidade e a posição da rocha em função do tempo. b) Quando a rocha chega ao repouso, em termos de m , k e v_0 ? c) Qual é a distância da rocha em relação ao seu ponto de partida quando chega ao repouso, em termos de m , k e v_0 ?

5.103 Um fluido exerce uma força de empuxo de baixo para cima sobre um objeto imerso nele. Ao deduzir a Equação (5.9), a força de empuxo exercida sobre um objeto pelo fluido foi ignorada. Mas, em algumas situações, onde a densidade do objeto não é muito maior do que a densidade do fluido, não é possível desprezar a força de empuxo. No caso de uma esfera de plástico que cai na água, a velocidade escalar terminal é 0,36 m/s ignorando-se a força de empuxo, mas você chega ao cálculo de 0,24 m/s. Qual fração do peso representa a força de empuxo?

5.104 O bloco de 4,0 kg da Figura 5.78 está preso a um eixo vertical por meio de dois fios. Quando o sistema gira em torno desse eixo, os fios ficam dispostos como indicado no diagrama e a tensão no fio superior é de 80,0 N. a) Qual é a tensão no fio inferior? b) Quantas revoluções por minuto o sistema executa? c) Ache o número de revoluções por minuto para que o fio inferior comece a ficar frouxo. d) Explique o que ocorre quando o número de revoluções por minuto for menor do que o calculado no item (c).

5.105 A Equação (5.10) se aplica ao caso em que a velocidade inicial é igual a zero. a) Deduza a equação correspondente para o caso de $v_y(t)$ quando o objeto em queda apresenta uma velocidade inicial de cima para baixo com módulo v_0 . b) Para o caso em que $v_0 < v_T$, desenhe um grá-

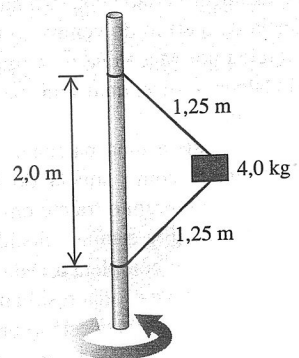


Figura 5.78 Problema 5.104.

fico de v_y em função de t e assinale v_i no gráfico. c) Repita o item (b) para o caso em que $v_0 > v_1$. d) Discuta o que o seu resultado revela sobre $v_y(t)$ quando $v_0 = v_1$.

5.106 Uma pequena rocha move-se na água, e a força exercida sobre ela pela água é dada pela Equação (5.7). A velocidade escalar terminal da rocha é medida como sendo 2,0 m/s. A rocha é projetada *de baixo para cima* a uma velocidade escalar inicial de 6,0 m/s. Despreze a força de empuxo sobre a rocha. a) Na ausência de resistência do fluido, que altura a rocha atingirá e quanto tempo ela levará para atingir a altura máxima? b) Incluindo-se os efeitos da resistência do fluido, quais são as respostas à questão no item (a)?

5.107 Você observa um carro esporte de 1350 kg se deslocando ao longo de um pavimento plano, em linha reta. As únicas forças horizontais que atuam sobre ele são uma força de rolamento constante e a resistência do ar (proporcional ao quadrado da sua velocidade). Você coleta os seguintes dados durante um intervalo de tempo de 25 s: quando sua velocidade escalar é 32 m/s, o carro reduz a velocidade a uma taxa de $-0,42 \text{ m/s}^2$, e quando a sua velocidade escalar é reduzida para 24 m/s ele reduz para $-0,30 \text{ m/s}^2$. a) Ache o coeficiente de atrito de rolamento e a constante de arraste do ar D . b) A qual velocidade escalar constante esse carro descerá por uma inclinação que forma um ângulo de $2,2^\circ$ com o plano horizontal? c) Como a velocidade escalar constante para uma inclinação de ângulo β se relaciona com a velocidade escalar terminal desse carro esporte, se ele cair de um rochedo alto? Suponha que em ambos os casos a força de resistência do ar seja proporcional ao quadrado da velocidade escalar, e a constante de arraste do ar é a mesma.

5.108 Uma pessoa de 70 kg está em uma carroça de 30 kg que se move a 12 m/s no topo de uma colina cujo formato é o do arco de um círculo de raio 40 m. a) Qual é o peso aparente da pessoa, enquanto a carroça passa sobre o topo da colina? b) Determine a velocidade escalar máxima com que a carroça pode se deslocar no topo da colina, sem perder contato com a superfície. A sua resposta depende da massa da carroça ou da massa da pessoa? Explique.

5.109 Carrossel. Duas irmãs gêmeas, Margarida e Madalena estão brincando em um carrossel (um disco paralelo ao solo com um eixo de rotação central) no parquinho da escola. Cada gêmea possui massa de 30,0 kg. Uma camada de gelo faz o carrossel ficar sem atrito. O carrossel gira com uma taxa constante enquanto as gêmeas estão sobre ele. Margarida, a uma distância de 1,80 m do centro do carrossel, deve segurar um dos postes verticais do carrossel com uma força horizontal de 60,0 N para impedir seu deslizamento. Madalena está na periferia do carrossel a uma distância de 3,60 m do centro. a) Qual deve ser a força horizontal exercida por Madalena para impedir seu deslizamento? b) Caso Madalena deslize, qual será sua velocidade horizontal ao sair do carrossel?

5.110 Considere uma passageira com massa de 85 kg em uma roda-gigante como aquela do Exemplo 5.24 (Seção 5.4). Os assentos percorrem o trajeto em um círculo com raio de 35 m. A roda-gigante gira a uma velocidade escalar constante e executa uma revolução completa a cada 25 s. Calcule o módulo, a direção e o sentido da força resultante exercida pelo assento sobre o passageira, quando ela está a) um quarto da revolução depois do seu ponto mais baixo e b) um quarto da revolução depois do seu ponto mais alto.

5.111 No rotor de um parque de diversões, as pessoas ficam em pé contra uma parede interna de um cilindro oco vertical com raio de 2,5 m. O cilindro começa a girar e quando ele atinge uma rotação de 0,60 rev/s, o piso onde as pessoas se apóiam desce cerca de 0,5 m. As pessoas ficam presas contra a parede. a) Faça um diagrama de forças para um passageiro, depois que o piso abaixou. b) Qual deve ser o coeficiente de atrito estático mínimo necessário para que o passageiro não escorregue para baixo na nova posição do piso? c) A sua resposta do item (b) depende da massa do passageiro? (Nota: Quando a viagem termina, o cilindro volta lentamente para o repouso. Quando ele diminui de velocidade as pessoas escorregam para baixo até o piso.)

5.112 Um veterano de física está trabalhando em um parque de diversões para pagar a mensalidade da faculdade. Ele pilota uma moto no interior de uma esfera de plástico transparente. Ao ganhar velocidade suficiente, ele descreve um círculo vertical com raio igual a 13,0 m. O veterano possui massa de 70,0 kg e sua moto possui massa de 40,0 kg. a) Qual é sua velocidade mínima no topo do círculo para que os pneus da moto não percam o contato com a esfera? b) Na base do círculo sua velocidade é igual à metade do valor encontrado em (a). Qual é o módulo da força normal exercida pela esfera sobre a moto nesse ponto?

5.113 Segundas intenções. Você está dirigindo Landau clássico com um 'paquera' que está sentada do lado do passageiro no banco dianteiro. O Landau possui assentos muito largos. Você gostaria que seu paquera sentasse mais perto de você e decide usar a física para atingir seu objetivo romântico fazendo uma volta rápida. a) Para que lado (esquerdo ou direito) você deve fazer o carro girar para que ele se desloque para perto de você? b) Se o coeficiente de atrito estático entre o assento e seu paquera for igual a 0,35 e você mantiver uma velocidade constante de 20 m/s, qual deve ser o raio máximo da curva que você pode fazer para que ele ainda deslize para o seu lado?

5.114 Um pequeno bloco de massa m repousa sobre o topo de uma mesa horizontal sem atrito a uma distância r de um buraco situado no centro da mesa (Figura 5.79). Um fio ligado ao bloco pequeno passa através do buraco e tem um bloco maior de massa M ligado em sua outra extremidade. O pequeno bloco descreve um movimento circular uniforme com raio r e velocidade v . Qual deve ser o valor de v para que o bloco grande permaneça imóvel quando libertado?

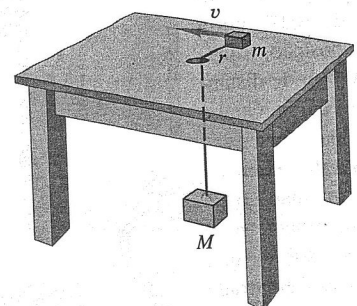


Figura 5.79 Problema 5.114.

5.115 Uma pequena conta pode deslizar sem atrito ao longo de um aro circular situado em um plano vertical com raio igual a 0,100 m. O aro gira com uma taxa constante de 4,0 rev/s em torno de um diâmetro vertical (Figura 5.80) a) Ache o ângulo β para o qual a conta está em equilíbrio vertical. (É claro que ela

possui uma aceleração radial orientada para o eixo da rotação.)
 b) Verifique se é possível a conta “subir” até uma altura igual ao centro do aro. c) O que ocorreria se o aro girasse com 1,0 rev/s?

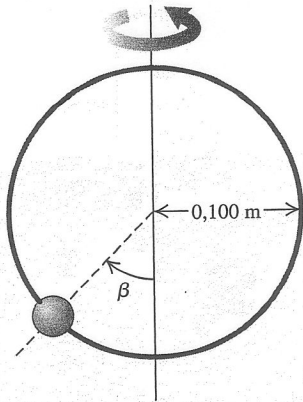
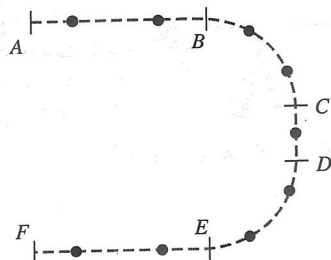


Figura 5.80 Problema 5.115.

5.116 Um aeromodelo de massa 2,20 kg move-se no plano x - y de tal modo que suas coordenadas x e y variam com o tempo de acordo com $x(t) = \alpha - \beta t^3$ e $y(t) = \gamma t - \delta t^2$, onde $\alpha = 1,50$ m, $\beta = 0,120$ m/s³, $\gamma = 30,0$ m/s, e $\delta = 10,0$ m/s². a) Ache os componentes x e y da força resultante sobre o plano em função do tempo. b) Faça um esboço da trajetória do avião entre $t = 0$ e $t = 3,0$ s e desenhe sobre seu esboço vetores indicando a força resultante para $t = 0$, $t = 1,0$ s, $t = 2,0$ s e $t = 3,0$ s. Para cada um desses tempos, relacione a direção da força resultante com a direção em que o avião está fazendo a volta, e verifique se o avião está aumentando de velocidade, ou diminuindo de velocidade (ou nenhuma das hipóteses). c) Qual o módulo e a direção da força resultante para $t = 3,0$ s?

5.117 Uma partícula se move sobre uma superfície sem atrito ao longo da trajetória indicada na Figura 5.81. (A figura mostra uma vista de topo sobre a superfície.) A partícula está inicialmente em repouso no ponto A, a seguir ela começa a mover-se até o ponto B à medida que ganha velocidade com uma taxa constante. De B até C a partícula se move ao longo de uma trajetória circular com velocidade constante. A velocidade permanece constante ao longo do trecho retilíneo de C até D. De D até E a partícula se move ao longo de uma trajetória circular, mas agora sua velocidade está diminuindo com uma taxa constante. A velocidade continua a diminuir com uma taxa constante enquanto a partícula se move de E até F; a partícula entra em repouso no ponto F. (Os intervalos de tempo entre os pontos marcados não são iguais.) Para cada ponto marcado por ponto em negrito, desenhe flechas para indicar a velocidade, a aceleração e a força resultante sobre a partícula. Use flechas maiores ou menores para representar os vetores que possuem módulos maiores ou menores.



5.118 Um pequeno carro guiado por controle remoto possui massa de 1,60 kg e se move com velocidade constante $v = 12,0$ m/s em um círculo vertical no interior de um cilindro metálico oco de raio igual a 5,0 m (Figura 5.82). Qual é o módulo da força normal exercida pela parede do cilindro sobre o carro a) No ponto A (na base do círculo vertical)? b) E no ponto B (no topo do círculo vertical)?

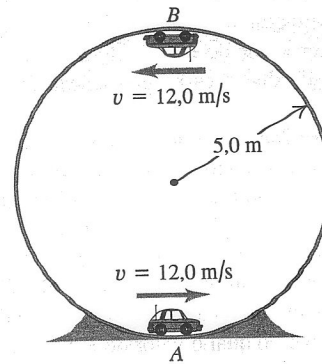


Figura 5.82 Problema 5.118.

5.119 Um pequeno bloco de massa m é colocado no interior de um cone invertido que gira em torno do eixo vertical de modo que o tempo para uma revolução é igual a T (Figura 5.83). As paredes do cone fazem um ângulo β com a vertical. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e o cone é μ_s . Para que o bloco permaneça a uma altura h acima do vértice do cone, qual deve ser o valor máximo e o valor mínimo de T ?

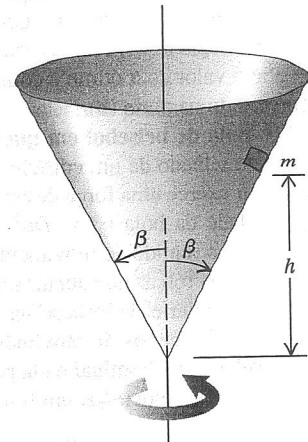


Figura 5.83 Problema 5.119.

Problemas desafiadores

5.120 **Movimento da cunha.** Uma cunha de massa M repousa sobre o topo horizontal de uma mesa sem atrito. Um bloco de massa m é colocado sobre a cunha (Figura 5.84a). Não existe nenhum atrito entre o bloco e a cunha. O sistema é libertado a partir do repouso. a) Ache a aceleração da cunha e os componentes horizontais e verticais da aceleração do bloco. b) Suas respostas ao item (a) se reduzem ao valor esperado quando M for muito grande? c) Em relação a um observador estacionário, qual é a forma da trajetória do bloco?

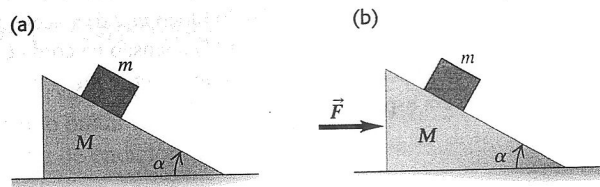


Figura 5.84 Problemas desafiadores 5.120 e 5.121.

5.121 Uma cunha de massa M repousa sobre o topo horizontal de uma mesa sem atrito. Um bloco de massa m é colocado sobre a cunha, e uma força horizontal \vec{F} é aplicada sobre a cunha (Figura 5.84b). Qual deve ser o módulo de \vec{F} para que o bloco permaneça a uma altura constante em relação ao topo da mesa?

5.122 Uma caixa de peso p é acelerada para cima de uma rampa por uma corda que exerce uma tensão T . A rampa faz um ângulo α com a horizontal e a corda faz um ângulo θ acima da rampa. O coeficiente de atrito cinético entre a caixa e a rampa é μ_c . Mostre que para qualquer valor de a , a aceleração é máxima quando $\theta = \arctg \mu_c$ (desde que a caixa permaneça em contato com a rampa).

5.123 Ângulo para força mínima. Uma caixa de peso p é puxada com velocidade constante ao longo de um piso plano por uma força \vec{F} que faz um ângulo θ acima da horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre a caixa e piso é μ_c . a) Ache F em termos de θ , de μ_c e de p . b) Para $p = 400$ N e $\mu_c = 0,25$, ache F para θ variando de 0° a 90° em incrementos de 10° . Faça um gráfico de F versus θ . c) Com base na expressão geral obtida em (a), calcule o valor de θ para o qual o valor de F é o mínimo necessário para manter o movimento com velocidade constante. (Sugestão: Em um ponto onde uma função passa por um mínimo, como se comportam a primeira e a segunda derivadas da função? Aqui F é uma função de θ .) Para o caso especial $p = 400$ N e $\mu_c = 0,25$, avalie o valor de θ ótimo e compare seu resultado com o gráfico construído na parte (b).

5.124 Bola de beisebol em queda. Uma bola de beisebol é lançada do telhado de um edifício muito alto. À medida que a bola cai, o ar exerce uma força de arraste proporcional ao quadrado da velocidade da bola ($f = Dv^2$). a) Em um diagrama, mostre a direção e o sentido do movimento e indique com a ajuda de vetores todas as forças que atuam sobre a bola. b) Aplique a segunda lei de Newton e, com base na equação resultante, descreva as propriedades gerais do movimento. c) Mostre que a bola atinge uma velocidade terminal dada pela Equação (5.13). d) Deduza a expressão da velocidade em função do tempo. (Nota:

$$\int \frac{dx}{a^2 - x^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctgh} \left(\frac{x}{a} \right)$$

onde

$$\operatorname{tgh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}$$

define a tangente hiperbólica.)

5.125 Máquina de Atwood dupla. Na Figura 5.85, as massas m_1 e m_2 estão conectadas por um fio leve que passa sobre uma polia leve e sem atrito B . O eixo da polia B é conectado por um segundo fio leve C que passa sobre uma segunda polia leve e sem atrito D a uma massa m_3 . A polia D está fixa ao teto através do seu eixo. O sistema é libertado a partir do repouso. Em termos de m_1 , de m_2 , de m_3 e de g , qual é a) a aceleração do bloco m_3 ? b) a aceleração da polia B ? c) a aceleração do bloco m_1 ? d) a aceleração do bloco m_2 ? e) a tensão na corda A ? f) a tensão na corda C ? g) O que suas expressões fornecem para $m_1 = m_2$ e $m_3 = m_1 + m_2$? O resultado era esperado?

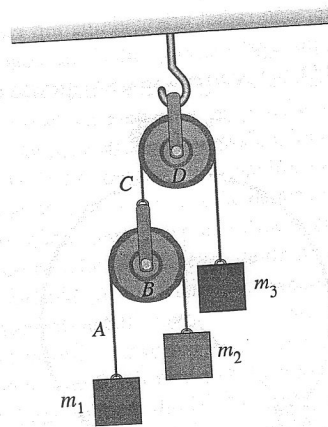


Figura 5.85 Problema desafiador 5.125.

5.126 As massas dos blocos A e B da Figura 5.86 são 20,0 kg e 10,0 kg, respectivamente. Os blocos estão inicialmente em repouso sobre o solo e são conectados por um fio leve que passa sobre uma polia leve e sem atrito. Uma força de baixo para cima \vec{F} é aplicada sobre a polia. Ache a aceleração \vec{a}_A do bloco A e a aceleração \vec{a}_B do bloco B quando F é a) 124 N; b) 294 N; c) 424 N.

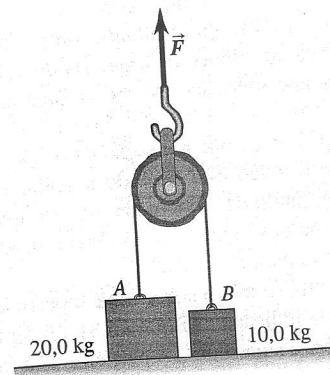


Figura 5.86 Problema Desafiador 5.126.

5.127 Uma bola é mantida em repouso na posição A indicada na Figura 5.87 por meio de dois fios leves. O fio horizontal é cortado, e a bola começa a oscilar como um pêndulo. O ponto B é o ponto mais afastado do lado direito da trajetória das oscilações. Qual é razão entre a tensão do fio na posição B e a tensão do fio na posição A antes de o fio horizontal ser cortado?

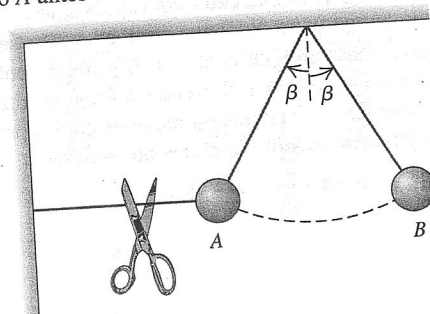


Figura 5.87 Problema desafiador 5.127.