

Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Física I

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

Série de problemas nº 5 Forças e Movimento - I

Cap. 5 do Halliday & Resnick, 10ª Ed.

José Mariano
Ano lectivo de 2024/2025

Módulo 5-1 A Primeira e a Segunda Lei de Newton

- 1 Apenas duas forças horizontais atuam em um corpo de 3,0 kg que pode se mover em um piso sem atrito. Uma força é de 9,0 N e aponta para o leste; a outra é de 8,0 N e atua 62° ao norte do oeste. Qual é o módulo da aceleração do corpo?
- 2 Duas forças horizontais agem sobre um bloco de madeira de 2,0 kg que pode deslizar sem atrito em uma bancada de cozinha, situada em um plano xy . Uma das forças é $\vec{F}_1 = (3,0 \text{ N})\hat{i} + (4,0 \text{ N})\hat{j}$. Determine a aceleração do bloco na notação dos vetores unitários se a outra força é (a) $\vec{F}_2 = (-3,0 \text{ N})\hat{i} + (-4,0 \text{ N})\hat{j}$, (b) $\vec{F}_2 = (-3,0 \text{ N})\hat{i} + (4,0 \text{ N})\hat{j}$ e (c) $\vec{F}_2 = (3,0 \text{ N})\hat{i} + (-4,0 \text{ N})\hat{j}$.
- 3 Se um corpo-padrão de 1 kg tem uma aceleração de $2,00 \text{ m/s}^2$ a $20,0^\circ$ com o semieixo x positivo, qual é (a) a componente x e (b) qual é a componente y da força resultante a que o corpo está submetido e (c) qual é a força resultante na notação dos vetores unitários?
- 4 Sob a ação de duas forças, uma partícula se move com velocidade constante $\vec{v} = (3,0 \text{ m/s})\hat{i} - (4 \text{ m/s})\hat{j}$. Uma das forças é $\vec{F}_1 = (2 \text{ N})\hat{i} + (-6 \text{ N})\hat{j}$. Qual é a outra força?
- 5 Três astronautas, impulsionados por mochilas a jato, empurram e guiam um asteroide de 120 kg para uma base de manutenção, exercendo as forças mostradas na Fig. 5-29, com $F_1 = 32 \text{ N}$, $F_2 = 55 \text{ N}$, $F_3 = 41 \text{ N}$, $\theta_1 = 30^\circ$ e $\theta_3 = 60^\circ$. Determine a aceleração do asteroide (a) na notação dos vetores unitários e como (b) um módulo e (c) um ângulo em relação ao semieixo x positivo.

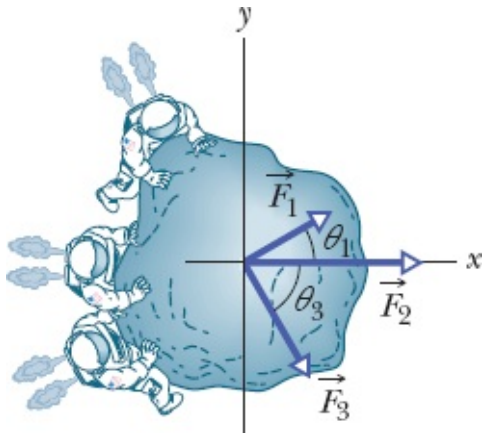


Figura 5-29 Problema 5.

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

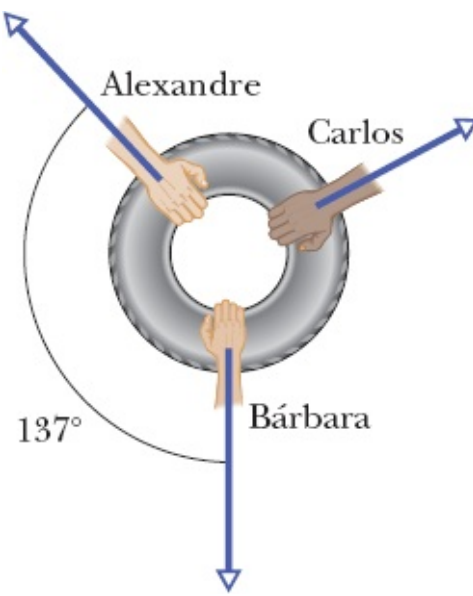


Figura 5-30 Problema 6.

••7 Duas forças agem sobre a caixa de 2,00 kg vista de cima na Fig. 5-31, mas apenas uma força é mostrada. Para $F_1 = 20,0$ N, $a = 12,0$ m/s² e $\theta = 30,0^\circ$, determine a segunda força (a) na notação dos vetores unitários e como (b) um módulo e (c) um ângulo em relação ao semieixo x positivo.

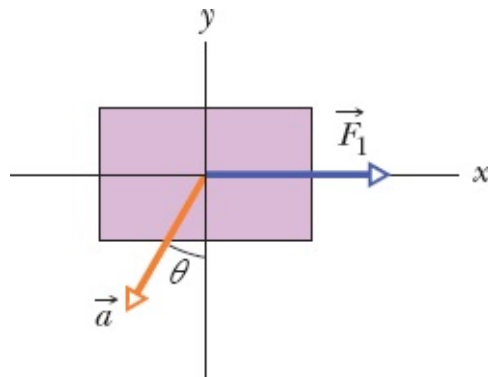


Figura 5-31 Problema 7.

••8 Um objeto de 2,00 kg está sujeito a três forças, que imprimem ao objeto uma aceleração $\vec{a} = -(8,00$ m/s²) $\hat{i} + (6,00$ m/s²) \hat{j} . Se duas das forças são $\vec{F}_1 = (30,0$ N) $\hat{i} + (16,0$ N) \hat{j} e $\vec{F}_2 = -(12,0$ N) $\hat{i} + (8,00$ N) \hat{j} , determine a terceira força.

••9 Uma partícula de 0,340 kg se move no plano xy, de acordo com as equações $x(t) = -15,00 + 2,00t - 4,00t^3$ e $y(t) = 25,00 + 7,00t - 9,00t^2$, com x e y em metros e t em segundos. No instante $t = 0,700$ s, quais são (a) o módulo e (b) o ângulo (em relação ao semieixo x positivo) da força resultante a que está submetida a partícula, e (c) qual é o ângulo da direção de movimento da partícula?

••10 Uma partícula de 0,150 kg se move ao longo de um eixo x de acordo com a equação $x(t) = -13,00 + 2,00t + 4,00t^2 - 3,00t^3$, com x em metros e t em segundos. Qual é, na notação dos vetores unitários, a força que age sobre a partícula no instante $t = 3,40$ s?

••11 Uma partícula de 2,0 kg se move ao longo de um eixo x sob a ação de uma força variável. A posição da partícula é dada por $x = 3,0$ m + (4,0 m/s)t + ct² - (2,0 m/s³)t³, com x em metros e t em segundos. O

fator c é constante. No instante $t = 3,0$ s, a força que age sobre a partícula tem um módulo de 36 N e aponta no sentido negativo do eixo x . Qual é o valor de c ?

•••12 Duas forças horizontais \vec{F}_1 e \vec{F}_2 agem sobre um disco de 4,0 kg que desliza sem atrito em uma placa de gelo na qual foi desenhado um sistema de coordenadas xy . A força \vec{F}_1 aponta no sentido positivo do eixo x e tem um módulo de 7,0 N. A força \vec{F}_2 tem um módulo de 9,0 N. A Fig. 5-32 mostra a componente v_x da velocidade do disco em função do tempo t . Qual é o ângulo entre as orientações constantes das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 ?

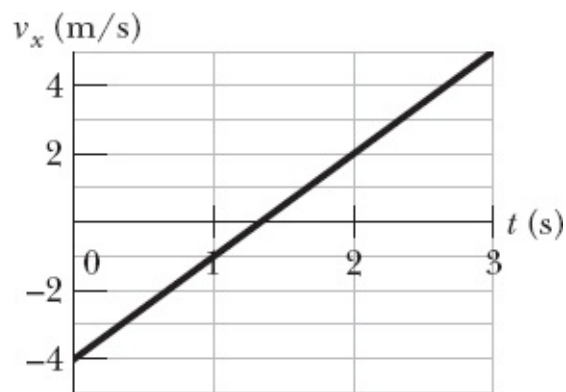


Figura 5-32 Problema 12.

Módulo 5-2 Algumas Forças Especiais

•13 A Fig. 5-33 mostra um arranjo no qual quatro discos estão suspensos por cordas. A corda mais comprida, no alto, passa por uma polia sem atrito e exerce uma força de 98 N sobre a parede à qual está presa. As trações das cordas mais curtas são $T_1 = 58,8$ N, $T_2 = 49,0$ N e $T_3 = 9,8$ N. Qual é a massa (a) do disco A, (b) do disco B, (c) do disco C e (d) do disco D?

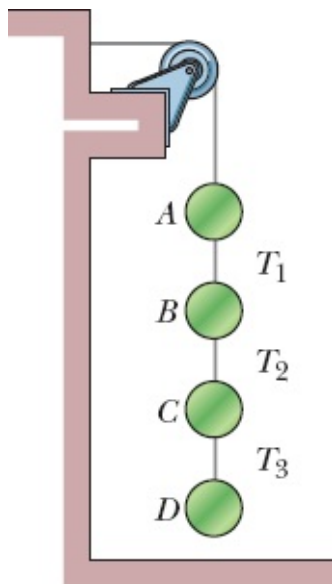


Figura 5-33 Problema 13.

•14 Um bloco com um peso de 3,0 N está em repouso em uma superfície horizontal. Uma força para cima de 1,0 N é aplicada ao corpo por meio de uma mola vertical. Qual é (a) o módulo e (b) qual o sentido da força exercida pelo bloco sobre a superfície horizontal?

•15 (a) Um salame de 11,0 kg está pendurado por uma corda em uma balança de mola, que está presa ao teto por outra corda (Fig. 5-34a). Qual é a leitura da balança, cuja escala está em unidades de peso? (b) Na Fig. 5-34b o salame está suspenso por uma corda que passa por uma roldana e está presa a uma balança de mola. A extremidade oposta da balança está presa a uma parede por outra corda. Qual é a leitura da balança? (c) Na Fig. 5-34c a parede foi substituída por um segundo salame de 11,0 kg e o sistema está em repouso. Qual é a leitura da balança?

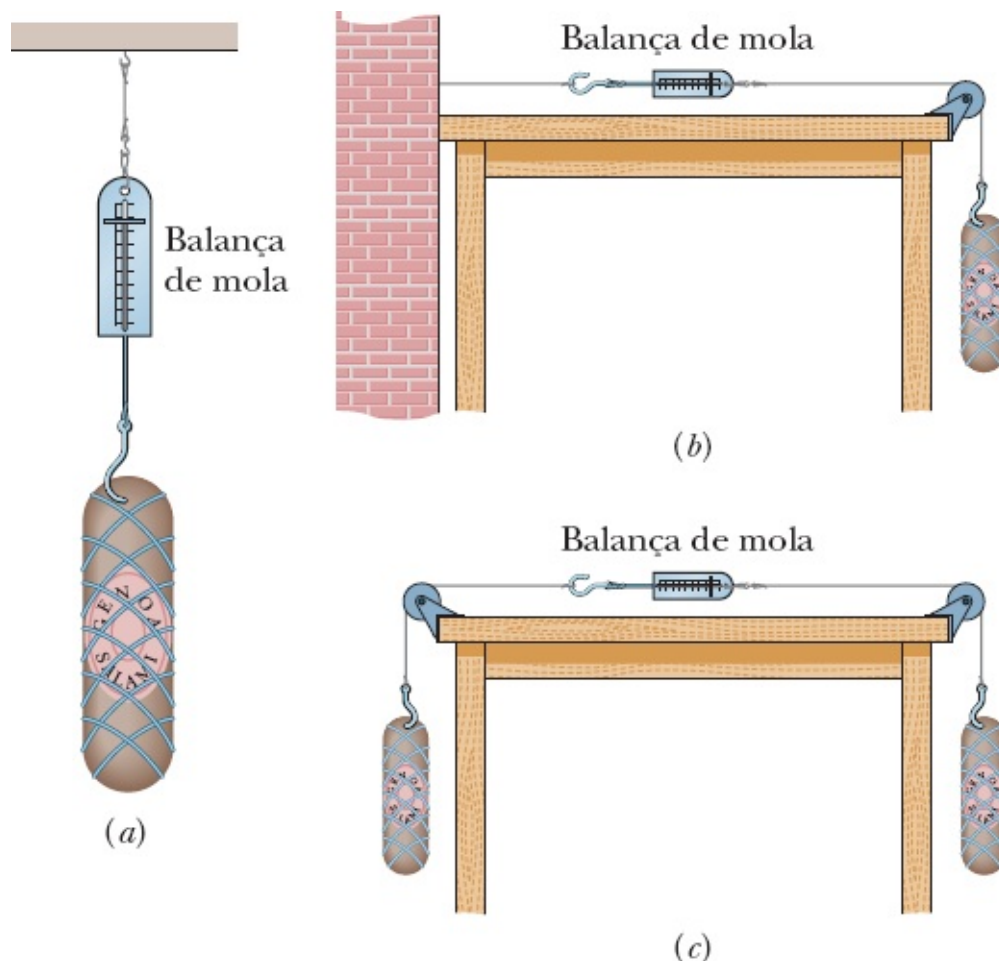


Figura 5-34 Problema 15.

•16 Alguns insetos podem se mover pendurados em gravetos. Suponha que um desses insetos tenha massa m e esteja pendurado em um graveto horizontal, como mostra a Fig. 5-35, com um ângulo $\theta = 40^\circ$. As seis pernas do inseto estão sob a mesma tração, e as seções das pernas mais próximas do corpo são horizontais. (a) Qual é a razão entre a tração em cada tíbia (extremidade da perna) e o peso do inseto? (b) Se o inseto estica um pouco as pernas, a tração nas tíbias aumenta, diminui ou continua a mesma?

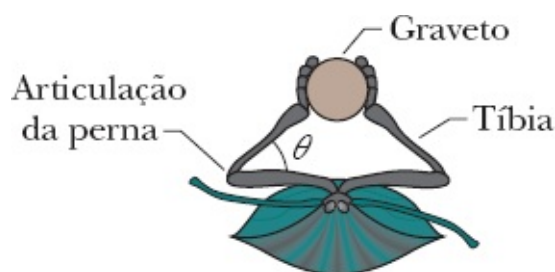


Figura 5-35 Problema 16.

Módulo 5-3 Aplicações das Leis de Newton

•17 Na Fig. 5-36, a massa do bloco é 8,5 kg e o ângulo θ é 30° . Determine (a) a tração da corda e (b) a força normal que age sobre o bloco. (c) Determine o módulo da aceleração do bloco se a corda for cortada.

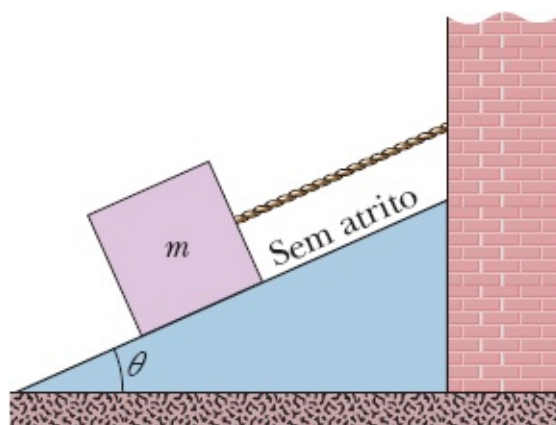



Figura 5-36 Problema 17.

•18  Em abril de 1974, o belga John Massis conseguiu puxar dois vagões de passageiros mordendo um freio de cavalo preso por uma corda aos vagões e se inclinando para trás com as pernas apoiadas nos dormentes da ferrovia. Os vagões pesavam 700 kN (cerca de 80 toneladas). Suponha que Massis tenha puxado com uma força constante com um módulo 2,5 vezes maior que o seu peso e fazendo um ângulo θ de 30° para cima em relação à horizontal. Sua massa era de 80 kg e ele fez os vagões se deslocarem de 1,0 m. Desprezando as forças de atrito, determine a velocidade dos vagões quando Massis parou de puxar.

•19 Qual é o módulo da força necessária para acelerar um trenó foguete de 500 kg até 1600 km/h em 1,8 s, partindo do repouso?

•20 Um carro a 53 km/h se choca com o pilar de uma ponte. Um passageiro do carro se desloca para a frente, de uma distância de 65 cm (em relação à estrada), até ser imobilizado por um airbag inflado. Qual é o módulo da força (suposta constante) que atua sobre o tronco do passageiro, que tem uma massa de 41 kg?

•21 Uma força horizontal constante \vec{F}_a empurra um pacote dos correios de 2,00 kg em um piso sem atrito no qual um sistema de coordenadas xy foi desenhado. A Fig. 5-37 mostra as componentes x e y da velocidade do pacote em função do tempo t . Determine (a) o módulo e (b) a orientação de \vec{F}_a ?

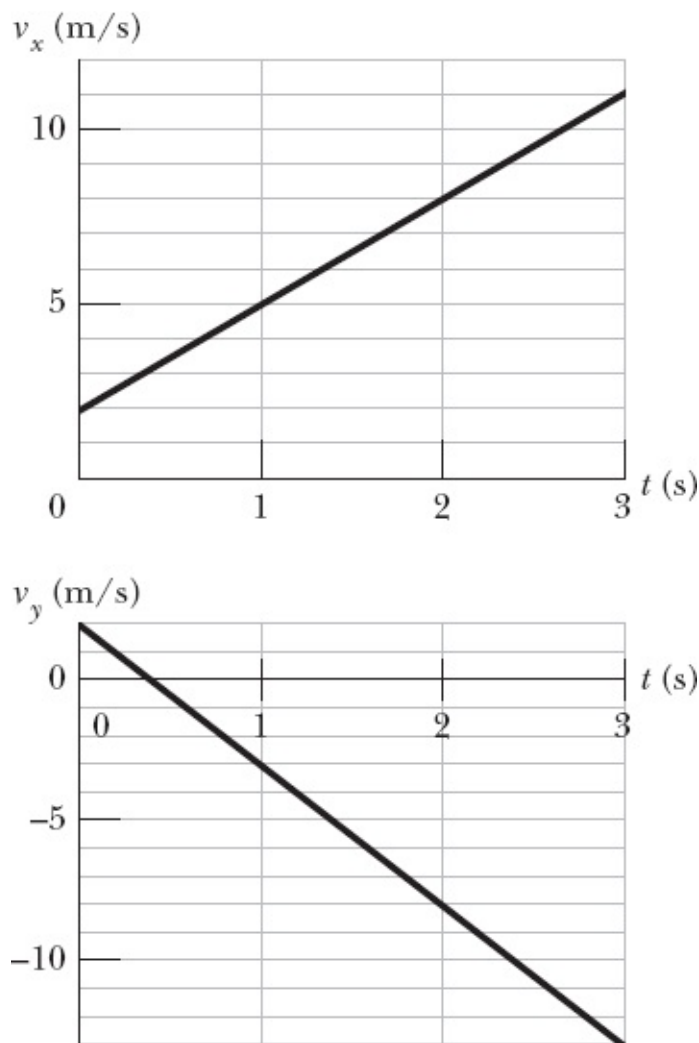



Figura 5-37 Problema 21.

- 22**  Um homem está sentado em um brinquedo de parque de diversões no qual uma cabina é acelerada para baixo, no sentido negativo do eixo y , com uma aceleração cujo módulo é $1,24g$ e $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Uma moeda de $0,567 \text{ g}$ repousa no joelho do homem. Depois que a cabina começa a se mover e na notação dos vetores unitários, qual é a aceleração da moeda (a) em relação ao solo e (b) em relação ao homem? (c) Quanto tempo a moeda leva para chegar ao teto da cabina, $2,20 \text{ m}$ acima do joelho do homem? Na notação dos vetores unitários, qual é (d) a força a que está submetida a moeda e (e) qual é a força aparente a que está submetida a moeda do ponto de vista do homem?
- 23** Tarzan, que pesa 820 N , salta de um rochedo na ponta de um cipó de $20,0 \text{ m}$ que está preso ao galho de uma árvore e faz inicialmente um ângulo de $22,0^\circ$ com a vertical. Suponha que um eixo x seja traçado horizontalmente a partir da borda do rochedo e que um eixo y seja traçado verticalmente para cima. Imediatamente após Tarzan pular da encosta, a tração do cipó é 760 N . Para esse instante, determine (a) a força que o cipó exerce sobre Tarzan na notação dos vetores unitários e a força resultante que age sobre Tarzan (b) na notação dos vetores unitários e como (c) o módulo e (d) o ângulo da força em relação ao sentido positivo do eixo x . Qual é (e) o módulo e (f) o ângulo da aceleração de Tarzan nesse instante?
- 24** Existem duas forças horizontais atuando na caixa de $2,0 \text{ kg}$ da Fig. 5-38, mas a vista superior mostra apenas uma (de módulo $F_1 = 20 \text{ N}$). A caixa se move ao longo do eixo x . Para cada um dos valores

abaixo da aceleração a_x da caixa, determine a segunda força na notação dos vetores unitários: (a) 10 m/s^2 , (b) 20 m/s^2 , (c) 0 , (d) -10 m/s^2 e (e) -20 m/s^2 .

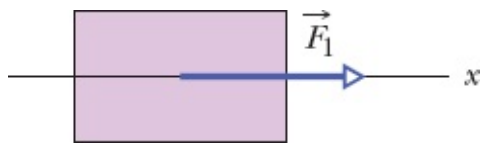


Figura 5-38 Problema 24.


•25 *Propulsão solar.* Um “iate solar” é uma nave espacial com uma grande vela que é empurrada pela luz solar. Embora seja fraco em comparação com as forças a que estamos acostumados, esse empurrão pode ser suficiente para propelir a nave para longe do Sol, em uma viagem gratuita, mas muito lenta. Suponha que a espaçonave tenha uma massa de 900 kg e receba um empurrão de 20 N . (a) Qual é o módulo da aceleração resultante? Se a nave parte do repouso, (b) que distância ela percorre em um dia e (c) qual é a velocidade no final do dia?

•26 A tração para a qual uma linha de pescar arrebenta é chamada de “resistência” da linha. Qual é a resistência mínima necessária para que a linha faça parar um salmão de 85 N de peso em 11 cm se o peixe está inicialmente se deslocando a $2,8 \text{ m/s}$? Suponha uma desaceleração constante.

•27 Um elétron com uma velocidade de $1,2 \times 10^7 \text{ m/s}$ penetra horizontalmente em uma região na qual ele está sujeito a uma força vertical constante de $4,5 \times 10^{-16} \text{ N}$. A massa do elétron é $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Determine a deflexão vertical sofrida pelo elétron enquanto percorre uma distância horizontal de 30 mm .

•28 Um carro que pesa $1,30 \times 10^4 \text{ N}$ está se movendo a 40 km/h quando os freios são aplicados, fazendo o carro parar depois de percorrer 15 m . Supondo que a força aplicada pelo freio é constante, determine (a) o módulo da força e (b) o tempo necessário para o carro parar. Se a velocidade inicial é multiplicada por dois e o carro experimenta a mesma força durante a frenagem, por qual fator são multiplicados (c) a distância até o carro parar e (d) o tempo necessário para o carro parar? (Isso poderia ser uma lição sobre o perigo de dirigir em alta velocidade.)

•29 Um bombeiro que pesa 712 N escorrega por um poste vertical com uma aceleração de $3,00 \text{ m/s}^2$, dirigida para baixo. Quais são (a) o módulo e (b) o sentido (para cima ou para baixo) da força vertical exercida pelo poste sobre o bombeiro e (c) o módulo e (d) o sentido da força vertical exercida pelo bombeiro sobre o poste?

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

•31 Um bloco começa a subir um plano inclinado sem atrito com uma velocidade inicial $v_0 = 3,50 \text{ m/s}$. O

ângulo do plano inclinado é $\theta = 32,0^\circ$. (a) Que distância vertical o bloco consegue subir? (b) Quanto tempo o bloco leva para atingir essa altura? (c) Qual é a velocidade do bloco ao chegar de volta ao ponto de partida?

••32 A Fig. 5-39 mostra a vista superior de um disco de 0,0250 kg em uma mesa sem atrito e duas das três forças que agem sobre o disco. A força \vec{F}_1 tem um módulo de 6,00 N e um ângulo $\theta_1 = 30,0^\circ$. A força \vec{F}_2 tem um módulo de 7,00 N e um ângulo $\theta_2 = 30,0^\circ$. Na notação dos vetores unitários, qual é a terceira força se o disco (a) está em repouso, (b) tem uma velocidade constante $\vec{v} = (13,0\hat{i} - 14,0\hat{j})$ m/s e (c) tem uma velocidade variável $\vec{v} = (13,0t\hat{i} - (14,0t)\hat{j})$ m/s², em que t é o tempo?

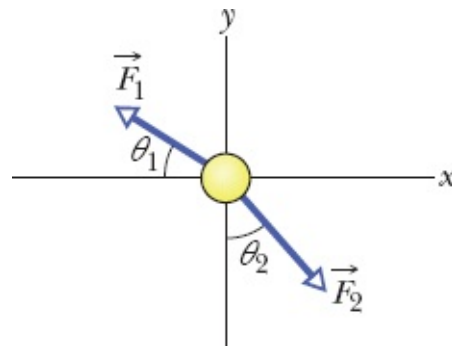


Figura 5-39 Problema 32.

••33 Um elevador e sua carga têm uma massa total de 1600 kg. Determine a tração do cabo de sustentação quando o elevador, que estava descendo a 12 m/s, é levado ao repouso com aceleração constante em uma distância de 42 m.

••34 Na Fig. 5-40, um caixote de massa $m = 100$ kg é empurrado por uma força horizontal \vec{F} que o faz subir uma rampa sem atrito ($\theta = 30,0^\circ$) com velocidade constante. Qual é o módulo (a) de \vec{F} e (b) da força que a rampa exerce sobre o caixote?

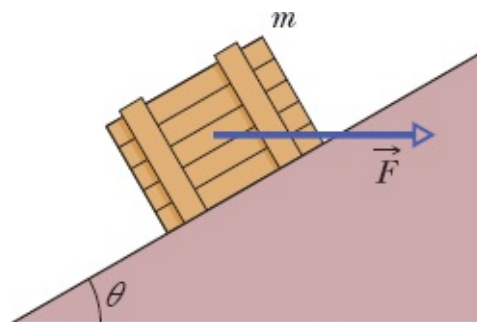


Figura 5-40 Problema 34.

••35 A velocidade de uma partícula de 3,00 kg é dada por $\vec{v} = (8,00t\hat{i} + 3,00t^2\hat{j})$ m/s, com o tempo t em segundos. No instante em que a força resultante que age sobre a partícula tem um módulo de 35,0 N, qual é a orientação (em relação ao sentido positivo do eixo x) (a) da força resultante e (b) do movimento da partícula?

••36 Um esquiador de 50 kg é puxado para o alto de uma encosta, sem atrito, segurando um cabo paralelo

à encosta, que faz um ângulo de $8,0^\circ$ com a horizontal. Qual é o módulo F_{cabo} da força que o cabo exerce sobre o esquiador (a) se o módulo v da velocidade do esquiador é constante e igual a $2,0 \text{ m/s}$ e (b) se v aumenta a uma taxa de $0,10 \text{ m/s}^2$?

••37 Uma moça de 40 kg e um trenó de $8,4 \text{ kg}$ estão na superfície sem atrito de um lago congelado, separados por uma distância de 15 m , mas unidos por uma corda de massa desprezível. A moça exerce uma força horizontal de $5,2 \text{ N}$ sobre a corda. Qual é o módulo da aceleração (a) do trenó e (b) da moça? (c) A que distância da posição inicial da moça os dois se tocam?

••38 Um esquiador de 40 kg desce uma rampa sem atrito que faz um ângulo de 10° com a horizontal. Suponha que o esquiador se desloca no sentido negativo de um eixo x paralelo à rampa. O vento exerce uma força sobre o esquiador cuja componente em relação ao eixo x é F_x . Quanto vale F_x , se o módulo da velocidade do esquiador (a) for constante, (b) aumentar a uma taxa de $1,0 \text{ m/s}^2$ e (c) aumentar a uma taxa de $2,0 \text{ m/s}^2$?

••39 Uma esfera, com massa de $3,0 \times 10^{-4} \text{ kg}$, está suspensa por uma corda. Uma brisa horizontal constante empurra a esfera de tal forma que a corda faz um ângulo de 37° com a vertical. Determine (a) a força da brisa sobre a bola e (b) a tração da corda.

••40 Uma caixa, com massa de $5,00 \text{ kg}$, começa a subir, no instante $t = 0$, uma rampa sem atrito que faz um ângulo θ com a horizontal. A Fig. 5-41 mostra, em função do tempo t , a componente v_x da velocidade da caixa em relação a um eixo x paralelo à rampa. Qual é o módulo da força normal que a rampa exerce sobre a caixa?

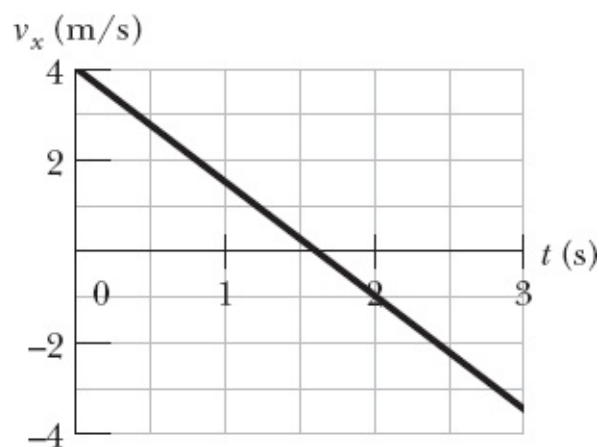


Figura 5-41 Problema 40.

••41 Utilizando um cabo que arrebentará se a tensão exceder 387 N , você precisa baixar uma caixa de telhas velhas, com um peso de 449 N , a partir de um ponto $6,1 \text{ m}$ acima do chão. Obviamente, se você simplesmente pendurar a caixa na corda, ela vai arrebentar. Para que isso não aconteça, você permite que a corda acelere para baixo. (a) Qual é o módulo da aceleração da caixa que coloca o cabo na iminência de arrebentar? (b) Com essa aceleração, qual é a velocidade da caixa ao atingir o chão?

••42 No passado, cavalos eram usados para puxar barcaças em canais, como mostra a Fig. 5-42. Suponha que o cavalo puxa o cabo com uma força de módulo 7900 N e ângulo $\theta = 18^\circ$ em relação à direção do

movimento da barça, que se desloca no sentido positivo de um eixo x . A massa da barça é 9500 kg e o módulo da aceleração da barça é $0,12 \text{ m/s}^2$. Qual é (a) o módulo e (b) qual a orientação (em relação ao semieixo x positivo) da força exercida pela água sobre a barça?

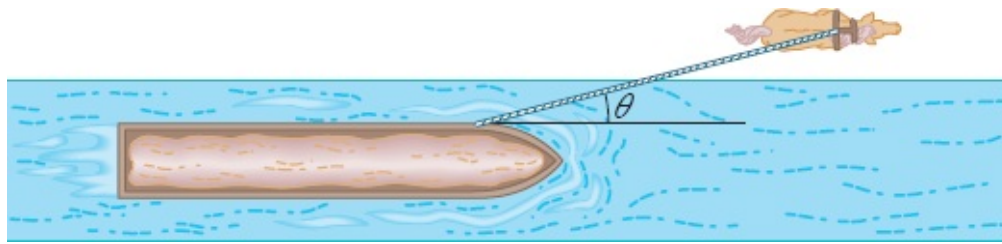


Figura 5-42 Problema 42.

••43 Na Fig. 5-43, uma corrente composta por cinco elos, cada um com $0,100 \text{ kg}$ de massa, é erguida verticalmente com uma aceleração constante de módulo $a = 2,50 \text{ m/s}^2$. Determine o módulo (a) da força exercida pelo elo 2 sobre o elo 1, (b) da força exercida pelo elo 3 sobre o elo 2, (c) da força exercida pelo elo 4 sobre o elo 3 e (d) da força exercida pelo elo 5 sobre o elo 4. Determine o módulo (e) da força \vec{F} exercida pela pessoa que está levantando a corrente sobre o elo 5 e (f) a força *resultante* que acelera cada elo.

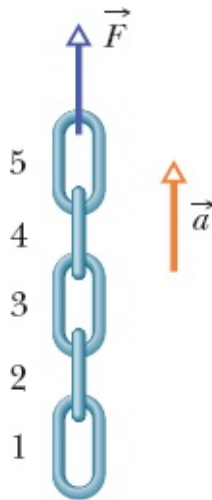



Figura 5-43 Problema 43.

••44 Uma lâmpada está pendurada verticalmente por um fio em um elevador que desce com uma desaceleração de $2,4 \text{ m/s}^2$. (a) Se a tração do fio é 89 N , qual é a massa da lâmpada? (b) Qual é a tração do fio quando o elevador sobe com uma aceleração de $2,4 \text{ m/s}^2$?

••45 Um elevador que pesa $27,8 \text{ kN}$ está subindo. Qual é a tração do cabo do elevador se a velocidade (a) está aumentando a uma taxa de $1,22 \text{ m/s}^2$ e (b) está diminuindo a uma taxa de $1,22 \text{ m/s}^2$?

••46 Um elevador é puxado para cima por um cabo. O elevador e seu único ocupante têm uma massa total de 2000 kg . Quando o ocupante deixa cair uma moeda, a aceleração da moeda em relação ao elevador é $8,00 \text{ m/s}^2$ para baixo. Qual é a tração do cabo?

••47  A família Zacchini ficou famosa pelos números de circo em que um membro da família era

disparado de um canhão com a ajuda de elásticos ou ar comprimido. Em uma versão do número, Emanuel Zacchini foi disparado por cima de três rodas gigantes e aterrissou em uma rede, na mesma altura que a boca do canhão, a 69 m de distância. Ele foi impulsionado dentro do cano por uma distância de 5,2 m e lançado com um ângulo de 53° . Se sua massa era de 85 kg e ele sofreu uma aceleração constante no interior do cano, qual foi o módulo da força responsável pelo lançamento? (*Sugestão:* Trate o lançamento como se acontecesse ao longo de uma rampa de 53° . Despreze a resistência do ar.)

••48 Na Fig. 5-44, os elevadores A e B estão ligados por um cabo e podem ser levantados ou baixados por outro cabo que está acima do elevador A. A massa do elevador A é de 1700 kg; a massa do elevador B é de 1300 kg. O piso do elevador A sustenta uma caixa de 12 kg. A tração do cabo que liga os elevadores é $1,91 \times 10^4$ N. Qual é o módulo da força normal que o piso do elevador A exerce sobre a caixa?

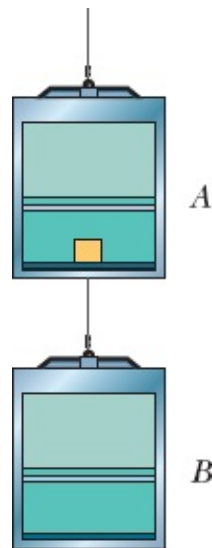


Figura 5-44 Problema 48.

••49 Na Fig. 5-45, um bloco de massa $m = 5,00$ kg é puxado ao longo de um piso horizontal sem atrito por uma corda que exerce uma força de módulo $F = 12,0$ N e ângulo $\theta = 25,0^\circ$. (a) Qual é o módulo da aceleração do bloco? (b) O módulo da força F é aumentado lentamente. Qual é o valor do módulo da força imediatamente antes de o bloco perder contato com o piso? (c) Qual é o módulo da aceleração do bloco na situação do item (b)?

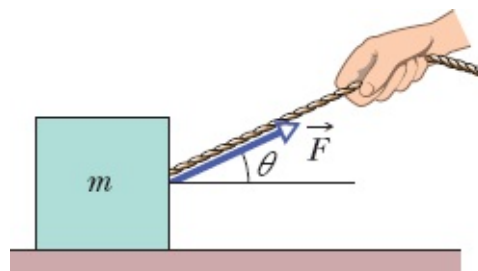


Figura 5-45 Problemas 49 e 60.

••50 Na Fig. 5-46, três caixas são conectadas por cordas, uma das quais passa por uma polia de atrito e

massa desprezíveis. As massas das caixas são $m_A = 30,0$ kg, $m_B = 40,0$ kg e $m_C = 10,0$ kg. Quando o conjunto é liberado a partir do repouso, (a) qual é a tração da corda que liga B a C , e (b) que distância A percorre no primeiro $0,250$ s (supondo que não atinja a polia)?

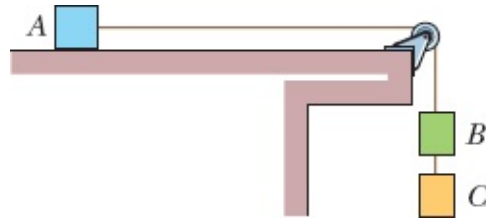


Figura 5-46 Problema 50.

••51 A Fig. 5-47 mostra dois blocos ligados por uma corda (de massa desprezível) que passa por uma polia sem atrito (também de massa desprezível). O conjunto é conhecido como *máquina de Atwood*. Um bloco tem massa $m_1 = 1,3$ kg; o outro tem massa $m_2 = 2,8$ kg. Qual é (a) o módulo da aceleração dos blocos e (b) qual a tração da corda?

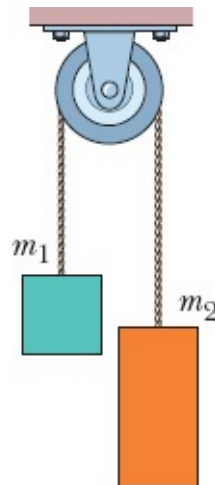


Figura 5-47 Problemas 51 e 65.

••52 Um homem de 85 kg desce de uma altura de $10,0$ m em relação ao solo, pendurado em uma corda que passa por uma roldana sem atrito e está presa na outra extremidade a um saco de areia de 65 kg. Com que velocidade o homem atinge o solo se ele partiu do repouso?

••53 Na Fig. 5-48, três blocos conectados são puxados para a direita em uma mesa horizontal sem atrito por uma força de módulo $T_3 = 65,0$ N. Se $m_1 = 12,0$ kg, $m_2 = 24,0$ kg e $m_3 = 31,0$ kg, calcule (a) o módulo da aceleração do sistema, (b) a tração T_1 e (c) a tração T_2 .

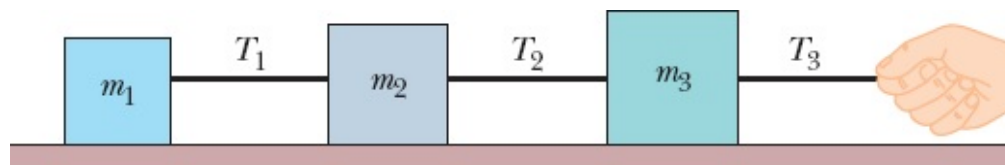


Figura 5-48 Problema 53.

••54 A Fig. 5-49 mostra quatro pinguins que estão sendo puxados em uma superfície gelada muito escorregadia (sem atrito) por um zelador. As massas de três pinguins e as trações em duas das cordas são $m_1 = 12 \text{ kg}$, $m_3 = 15 \text{ kg}$, $m_4 = 20 \text{ kg}$, $T_2 = 111 \text{ N}$ e $T_4 = 222 \text{ N}$. Determine a massa do pinguim m_2 , que não é dada.

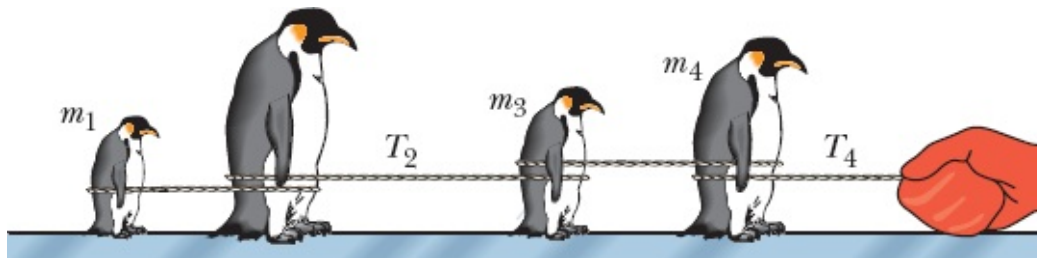


Figura 5-49 Problema 54.

••55 Dois blocos estão em contato em uma mesa sem atrito. Uma força horizontal é aplicada ao bloco maior, como mostra a Fig. 5-50. (a) Se $m_1 = 2,3 \text{ kg}$, $m_2 = 1,2 \text{ kg}$ e $F = 3,2 \text{ N}$, determine o módulo da força entre os dois blocos. (b) Mostre que, se uma força de mesmo módulo F for aplicada ao menor dos blocos no sentido oposto, o módulo da força entre os blocos será de $2,1 \text{ N}$, que não é o mesmo valor calculado no item (a). (c) Explique a razão da diferença.

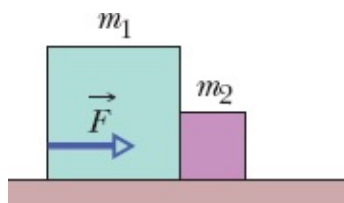


Figura 5-50 Problema 55.

••56 Na Fig. 5-51a, uma força horizontal constante \vec{F}_a é aplicada ao bloco A, que empurra um bloco B com uma força de $20,0 \text{ N}$ dirigida horizontalmente para a direita. Na Fig. 5-51b, a mesma força \vec{F}_a é aplicada ao bloco B; desta vez, o bloco A empurra o bloco B com uma força de $10,0 \text{ N}$ dirigida horizontalmente para a esquerda. Os blocos têm massa total de $12,0 \text{ kg}$. Qual é o módulo (a) da aceleração na Fig. 5-51a e (b) da força \vec{F}_a ?

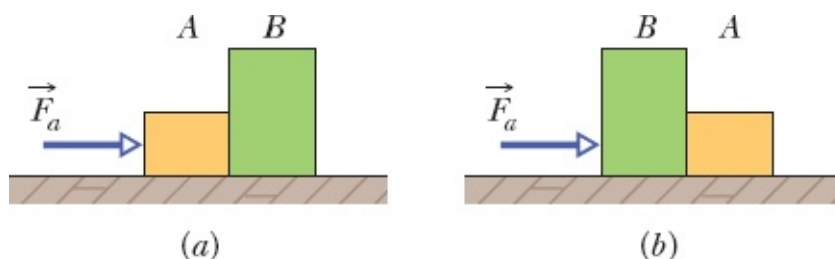


Figura 5-51 Problema 56.

••57 Um bloco de massa $m_1 = 3,70 \text{ kg}$ em um plano inclinado sem atrito, de ângulo $\theta = 30,0^\circ$, está preso por uma corda de massa desprezível, que passa por uma polia de massa e atrito desprezíveis, a outro bloco de massa $m_2 = 2,30 \text{ kg}$ (Fig. 5-52). Qual é (a) o módulo da aceleração de cada bloco, (b) qual o

sentido da aceleração do bloco que está pendurado e (c) qual a tração da corda?

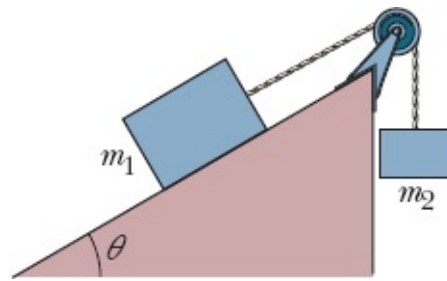


Figura 5-52 Problema 57.

••58 A Fig. 5-53 mostra um homem sentado em um andaime preso a uma corda de massa desprezível que passa por uma roldana de massa e atrito desprezíveis e desce de volta às mãos do homem. A massa total do homem e do andaime é 95,0 kg. Qual é o módulo da força com a qual o homem deve puxar a corda para que o andaime suba (a) com velocidade constante e (b) com uma aceleração, para cima, de $1,30 \text{ m/s}^2$? (Sugestão: Um diagrama de corpo livre pode ajudar bastante.) Se no lado direito a corda se estende até o solo e é puxada por outra pessoa, qual é o módulo da força com a qual essa pessoa deve puxar a corda para que o homem suba (c) com velocidade constante e (d) com uma aceleração para cima de $1,30 \text{ m/s}^2$? Qual é o módulo da força que a polia exerce sobre o teto (e) no item a, (f) no item b, (g) no item c e (h) no item d?

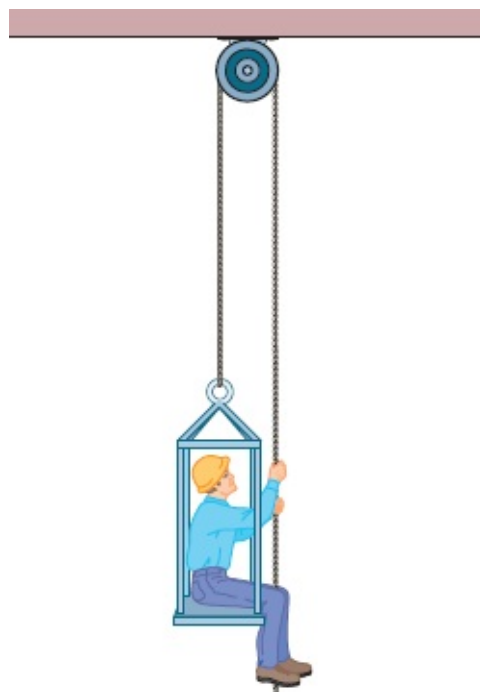


Figura 5-53 Problema 58.

••59 Um macaco de 10 kg sobe em uma árvore por uma corda de massa desprezível que passa por um galho sem atrito e está presa, na outra extremidade, a um caixote de 15 kg, inicialmente em repouso no solo (Fig. 5-54). (a) Qual é o módulo da menor aceleração que o macaco deve ter para levantar o caixote? Se, após o caixote ter sido erguido, o macaco parar de subir e se agarrar à corda, quais são (b) o módulo e (c) o sentido da aceleração do macaco e (d) a tração da corda?

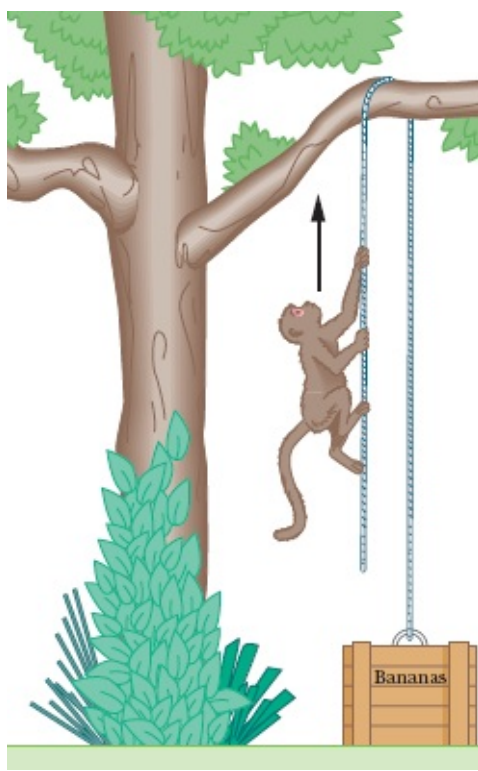



Figura 5-54 Problema 59.

••60 A Fig. 5-45 mostra um bloco de 5,00 kg sendo puxado, em um piso sem atrito, por uma corda que aplica uma força de módulo constante de 20,0 N e um ângulo $\theta(t)$ que varia com o tempo. Quando o ângulo θ chega a 25° , qual é a taxa de variação da aceleração do bloco (a) se $\theta(t) = (2,00 \times 10^{-2} \text{ graus/s})t$ e (b) se $\theta(t) = -(2,00 \times 10^{-2} \text{ graus/s})t$? (Sugestão: Transforme os graus em radianos.)

••61 Um balão de ar quente de massa M desce verticalmente com uma aceleração para baixo de módulo a . Que massa (lastro) deve ser jogada para fora para que o balão tenha uma aceleração para cima de módulo a ? Suponha que a força vertical para cima do ar quente sobre o balão não muda com a perda de massa.

•••62  No arremesso de peso, muitos atletas preferem lançar o peso com um ângulo menor que o ângulo teórico (cerca de 42°) para o qual um peso arremessado com a mesma velocidade e da mesma altura atinge a maior distância possível. Uma razão tem a ver com a velocidade que o atleta pode imprimir ao peso durante a fase de aceleração. Suponha que um peso de 7,260 kg seja acelerado ao longo de uma trajetória reta com 1,650 m de comprimento por uma força constante de módulo 380,0 N, começando com uma velocidade de 2,500 m/s (devido ao movimento preparatório do atleta). Qual é a velocidade do peso no final da fase de aceleração se o ângulo entre a trajetória e a horizontal for (a) $30,00^\circ$ e (b) $42,00^\circ$? (Sugestão: Trate o movimento como se fosse ao longo de uma rampa com o ângulo dado.) (c) Qual será a redução percentual da velocidade de lançamento se o atleta aumentar o ângulo de $30,00^\circ$ para $42,00^\circ$?

•••63 A Fig. 5-55 mostra, em função do tempo t , a componente F_x da força que age sobre um bloco de gelo de 3,0 kg que pode se deslocar apenas ao longo do eixo x . Em $t = 0$, o bloco está se movendo no sentido positivo do eixo, a uma velocidade de 3,0 m/s. Qual é (a) o módulo da velocidade do bloco e (b)

qual é o sentido do movimento do bloco no instante $t = 11$ s?

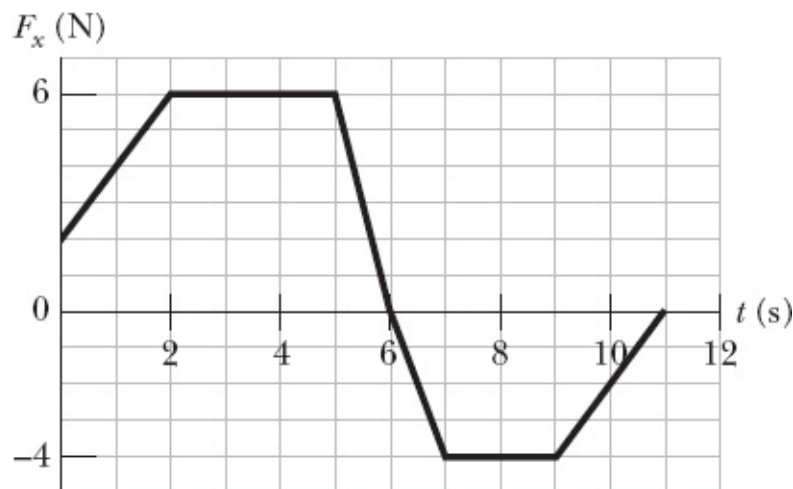


Figura 5-55 Problema 63.

...64 A Fig. 5-56 mostra uma caixa de massa $m_2 = 1,0$ kg em um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta = 30^\circ$, que está ligada por uma corda, de massa desprezível, a uma outra caixa de massa $m_1 = 3,0$ kg em uma superfície horizontal sem atrito. A polia não tem atrito e sua massa é desprezível. (a) Se o módulo da força horizontal \vec{F} é 2,3 N, qual é a tração da corda? (b) Qual é o maior valor que o módulo de \vec{F}_2 pode ter sem que a corda fique frouxa?

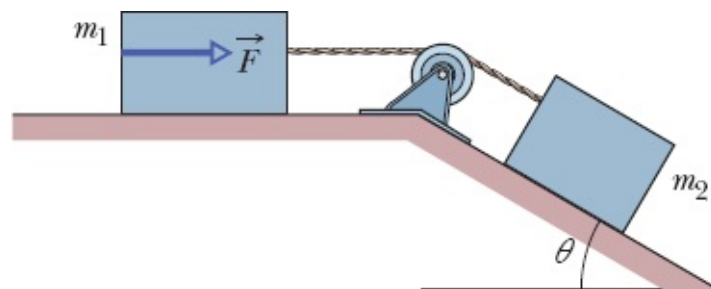


Figura 5-56 Problema 64.

...65 A Fig. 5-47 mostra uma *máquina de Atwood*, na qual dois recipientes estão ligados por uma corda (de massa desprezível) que passa por uma polia sem atrito (também de massa desprezível). No instante $t = 0$, o recipiente 1 tem massa de 1,30 kg e o recipiente 2 tem massa de 2,80 kg, mas o recipiente 1 está perdendo massa (por causa de um vazamento) a uma taxa constante de 0,200 kg/s. A que taxa o módulo da aceleração dos recipientes está variando (a) em $t = 0$ e (b) em $t = 3,00$ s? (c) Em que instante a aceleração atinge o valor máximo?

...66 A Fig. 5-57 mostra parte de um teleférico. A massa máxima permitida de cada cabina, incluindo os passageiros, é de 2800 kg. As cabinas, que estão penduradas em um cabo de sustentação, são puxadas por um segundo cabo ligado à torre de sustentação de cada cabina. Suponha que os cabos estão esticados e inclinados de um ângulo $\theta = 35^\circ$. Qual é a diferença entre as trações de segmentos vizinhos do cabo que puxa as cabines se as cabinas estão com a máxima massa permitida e estão sendo aceleradas para cima a $0,81 \text{ m/s}^2$?

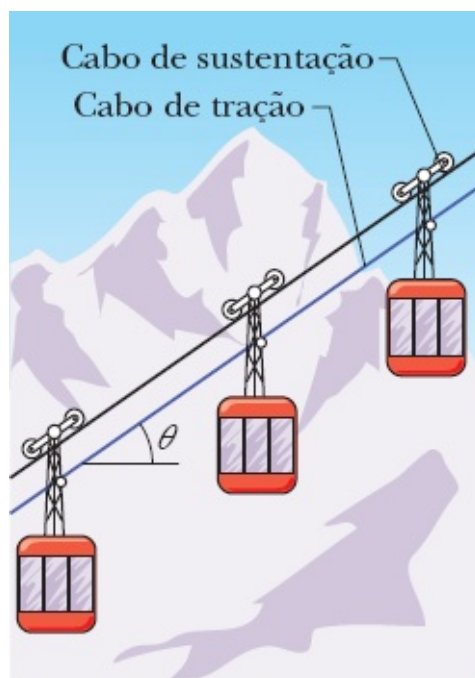


Figura 5-57 Problema 66.

...67 A Fig. 5-58 mostra três blocos ligados por cordas que passam por polias sem atrito. O bloco B está em uma mesa sem atrito; as massas são $m_A = 6,00 \text{ kg}$, $m_B = 8,00 \text{ kg}$ e $m_C = 10,0 \text{ kg}$. Qual é a tração da corda da direita quando os blocos são liberados?

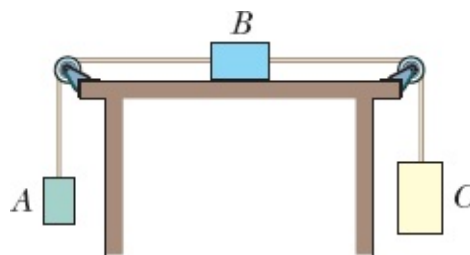



Figura 5-58 Problema 67.

...68  Um arremessador de peso lança um peso de $7,260 \text{ kg}$ empurrando-o ao longo de uma linha reta com $1,650 \text{ m}$ de comprimento e um ângulo de $34,10^\circ$ com a horizontal, acelerando o peso até a velocidade de lançamento de $2,500 \text{ m/s}$ (que se deve ao movimento preparatório do atleta). O peso deixa a mão do arremessador a uma altura de $2,110 \text{ m}$ e com um ângulo de $34,10^\circ$ e percorre uma distância horizontal de $15,90 \text{ m}$. Qual é o módulo da força média que o atleta exerce sobre o peso durante a fase de aceleração? (*Sugestão: Trate o movimento durante a fase de aceleração como se fosse ao longo de uma rampa com o ângulo dado.*)

Problemas Adicionais

69 Na Fig. 5-59, o bloco A de $4,0 \text{ kg}$ e o bloco B de $6,0 \text{ kg}$ estão conectados por uma corda, de massa desprezível. A força $\vec{F}_A = (12 \text{ N})\hat{i}$ atua sobre o bloco A ; a força $\vec{F}_B = (24 \text{ N})\hat{i}$ atua sobre o bloco B . Qual é a tensão da corda?

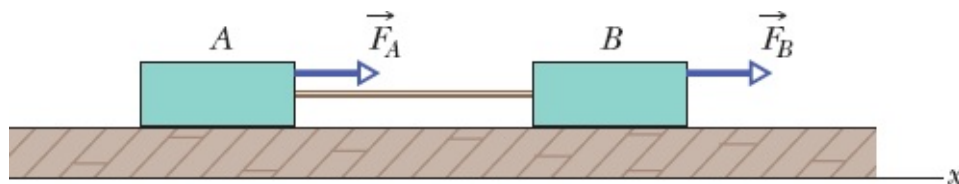



Figura 5-59 Problema 69.

70  Um homem de 80 kg salta de uma janela a 0,50 m de altura para um pátio de concreto. Ele não dobra os joelhos para amortecer o impacto e leva 2,0 cm para parar. (a) Qual é a aceleração média desde o instante em que os pés do homem tocam o solo até o instante em que o corpo se imobiliza? (b) Qual é o módulo da força média que o pátio exerce sobre o homem?

71 A Fig. 5-60 mostra uma caixa de dinheiro sujo (massa $m_1 = 3,0$ kg) sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta_1 = 30^\circ$. A caixa está ligada, por uma corda de massa desprezível, a uma caixa de dinheiro lavado (massa $m_2 = 2,0$ kg) situada sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo $\theta_2 = 60^\circ$. A polia não tem atrito e a massa é desprezível. Qual é a tensão da corda?

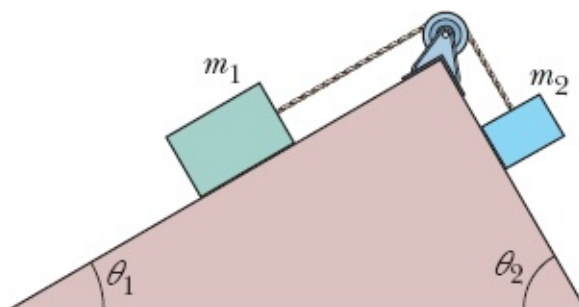


Figura 5-60 Problema 71.

72 Três forças atuam sobre uma partícula que se move com velocidade constante $\vec{v} = (2 \text{ m/s})\hat{i} - (7 \text{ m/s})\hat{j}$. Duas das forças são $\vec{F}_1 = (2 \text{ N})\hat{i} + (3 \text{ N})\hat{j} + (-2 \text{ N})\hat{k}$ e $\vec{F}_2 = (-5 \text{ N})\hat{i} + (8 \text{ N})\hat{j} + (-2 \text{ N})\hat{k}$. Qual é a terceira força?

73 Na Fig. 5-61, uma lata de antioxidantes ($m_1 = 1,0$ kg) em um plano inclinado sem atrito está ligada, por uma corda, a uma lata de apresuntado ($m_2 = 2,0$ kg). A polia tem massa e atrito desprezíveis. Uma força vertical para cima de módulo $F = 6,0$ N age sobre a lata de apresuntado, que tem uma aceleração para baixo de $5,5 \text{ m/s}^2$. Determine (a) a tensão da corda e (b) o ângulo θ .

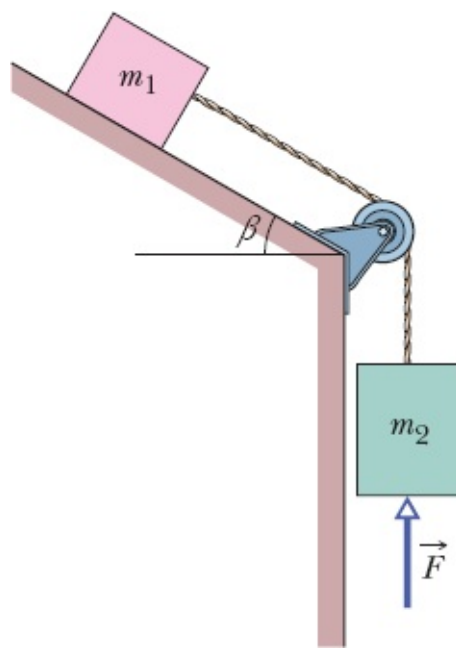


Figura 5-61 Problema 73.

74 As duas únicas forças que agem sobre um corpo têm módulos de 20 N e 35 N e direções que diferem de 80° . A aceleração resultante tem um módulo de 20 m/s^2 . Qual é a massa do corpo?

75 A Fig. 5-62 é uma vista superior de um pneu de 12 kg que está sendo puxado por três cordas horizontais. A força de uma das cordas ($F_1 = 50 \text{ N}$) está indicada. As outras duas forças devem ser orientadas de tal forma que o módulo a da aceleração do pneu seja o menor possível. Qual é o menor valor de a se (a) $F_2 = 30 \text{ N}$, $F_3 = 20 \text{ N}$; (b) $F_2 = 30 \text{ N}$, $F_3 = 10 \text{ N}$; (c) $F_2 = F_3 = 30 \text{ N}$?

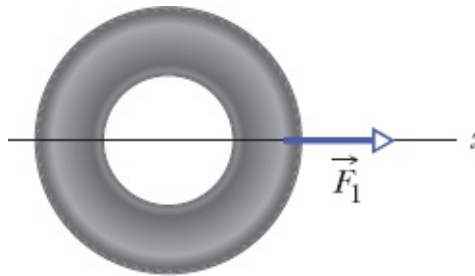


Figura 5-62 Problema 75.

76 Um bloco de massa M é puxado por uma corda de massa m em uma superfície horizontal sem atrito, como mostra a Fig. 5-63. Uma força horizontal \vec{F} age sobre uma das extremidades da corda. (a) Mostre que a corda *deve* pender, mesmo que imperceptivelmente. Supondo que a curvatura da corda seja desprezível, determine (b) a aceleração da corda e do bloco, (c) a força da corda sobre o bloco e (d) a força de tração no ponto médio da corda.

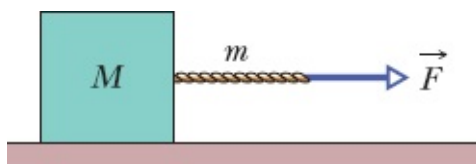


Figura 5-63 Problema 76.

77 Um operário arrasta um caixote no piso de uma fábrica puxando-o por uma corda. O operário exerce uma força de módulo $F = 450 \text{ N}$ sobre a corda, que está inclinada de um ângulo $\theta = 38^\circ$ em relação à horizontal, e o chão exerce uma força horizontal de módulo $f = 125 \text{ N}$ que se opõe ao movimento. Calcule o módulo da aceleração do caixote (a) se a massa do caixote for 310 kg e (b) se o peso do caixote for 310 N .

78 Na Fig. 5-64, uma força \vec{F} de módulo 12 N é aplicada a uma caixa de massa $m_2 = 1,0 \text{ kg}$. A força é dirigida para cima paralelamente a um plano inclinado de ângulo $\theta = 37^\circ$. A caixa está ligada por uma corda a outra caixa de massa $m_1 = 3,0 \text{ kg}$ apoiada em um piso horizontal. O plano inclinado, o piso e a polia não têm atrito, e as massas da polia e da corda são desprezíveis. Qual é a tração da corda?

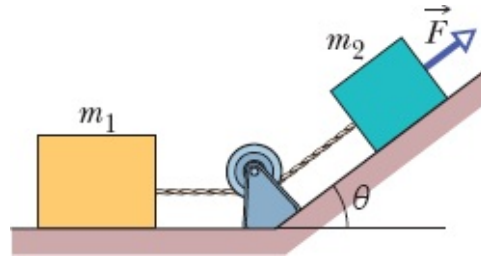


Figura 5-64 Problema 78.

79 Uma partícula tem um peso de 22 N em um local em que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Qual é (a) o peso e (b) qual a massa da partícula em um local em que $g = 4,9 \text{ m/s}^2$? Qual é (c) o peso e (d) qual é a massa da partícula se ela é deslocada para um ponto do espaço sideral em que $g = 0$?

80 Uma pessoa de 80 kg salta de paraquedas e experimenta uma aceleração para baixo de $2,5 \text{ m/s}^2$. A massa do paraquedas é de $5,0 \text{ kg}$. (a) Qual é a força para cima que o ar exerce sobre o paraquedas? (b) Qual é a força que a pessoa exerce sobre o paraquedas?

81 Uma espaçonave decola verticalmente da Lua, em que $g = 1,6 \text{ m/s}^2$. Se a nave tem uma aceleração vertical para cima de $1,0 \text{ m/s}^2$ no instante da decolagem, qual é o módulo da força exercida pela nave sobre o piloto, que pesa 735 N na Terra?

82 Na vista superior da Fig. 5-65, cinco forças puxam uma caixa de massa $m = 4,0 \text{ kg}$. Os módulos das forças são $F_1 = 11 \text{ N}$, $F_2 = 17 \text{ N}$, $F_3 = 3,0 \text{ N}$, $F_4 = 14 \text{ N}$ e $F_5 = 5,0 \text{ N}$; o ângulo θ_4 é 30° . Determine a aceleração da caixa (a) na notação dos vetores unitários e como (b) um módulo e (c) um ângulo em relação ao semieixo x positivo.

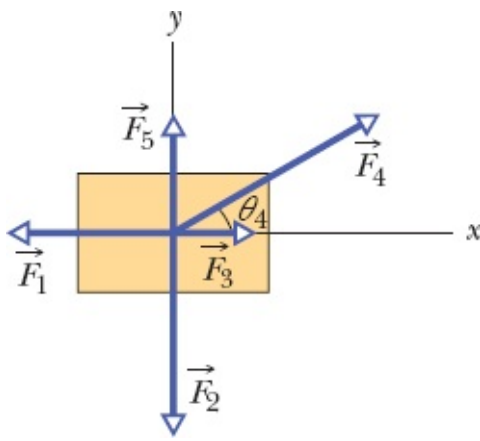


Figura 5-65 Problema 82.

- 83** Uma força imprime a um objeto de massa m_1 uma aceleração de $12,0 \text{ m/s}^2$ e a um objeto de massa m_2 uma aceleração de $3,30 \text{ m/s}^2$. Que aceleração essa mesma força imprimiria a um objeto de massa (a) $m_2 - m_1$ e (b) $m_2 + m_1$?
- 84** Você puxa um pequeno refrigerador com uma força constante \vec{F} em um piso encerado (sem atrito), com \vec{F} na horizontal (caso 1) ou com \vec{F} inclinada para cima de um ângulo θ (caso 2). (a) Qual é a razão entre a velocidade do refrigerador no caso 2 e a velocidade no caso 1 se você puxa o refrigerador por certo tempo t ? (b) Qual é essa razão se você puxa o refrigerador ao longo de certa distância d ?
- 85** Uma artista de circo de 52 kg precisa descer escorregando por uma corda que arrebentará se a tração exceder 425 N . (a) O que vai acontecer se a artista ficar parada, pendurada na corda? (b) Para que valor da aceleração a corda estará prestes a arrebentar?
- 86** Calcule o peso de um astronauta de 75 kg (a) na Terra, (b) em Marte, em que $g = 3,8 \text{ m/s}^2$, e (c) no espaço sideral, em que $g = 0$. (d) Qual é a massa do astronauta em cada um desses lugares?
- 87** Um objeto está pendurado em uma balança de mola presa ao teto de um elevador. A balança indica 65 N quando o elevador está parado. Qual é a leitura da balança quando o elevador está subindo (a) com uma velocidade constante de $7,6 \text{ m/s}$ e (b) com uma velocidade de $7,6 \text{ m/s}$ e uma desaceleração de $2,4 \text{ m/s}^2$?
- 88** Imagine uma espaçonave prestes a aterrissar na superfície de Calisto, uma das luas de Júpiter. Se o motor fornece uma força para cima (empuxo) de 3260 N , a espaçonave desce com velocidade constante; se o motor fornece apenas 2200 N , a espaçonave desce com uma aceleração de $0,39 \text{ m/s}^2$. (a) Qual é o peso da espaçonave nas vizinhanças da superfície de Calisto? (b) Qual é a massa da aeronave? (c) Qual é o módulo da aceleração de queda livre próximo à superfície de Calisto?
- 89** Uma turbina a jato de 1400 kg está presa à fuselagem de um avião comercial por apenas três parafusos (essa é a prática comum). Suponha que cada parafuso suporta um terço da carga. (a) Calcule a força a que cada parafuso é submetido enquanto o avião está parado na pista, aguardando permissão para decolar. (b) Durante o voo, o avião encontra uma turbulência que provoca uma aceleração brusca para cima de $2,6 \text{ m/s}^2$. Calcule a força a que é submetido cada parafuso durante essa aceleração.

90 Uma nave interestelar tem uma massa de $1,20 \times 10^6$ kg e está inicialmente em repouso em relação a um sistema estelar. (a) Que aceleração constante é necessária para levar a nave, em 3,0 dias, até a velocidade de $0,10c$ (em que $c = 3,0 \times 10^8$ m/s é a velocidade da luz)? (b) Qual é o valor da aceleração em unidades de g ? (c) Que força é necessária para essa aceleração? (d) Se os motores são desligados quando a velocidade de $0,10c$ é atingida (fazendo com que a velocidade permaneça constante desse momento em diante), quanto tempo leva a nave (a partir do instante inicial) para viajar 5,0 meses-luz, a distância percorrida pela luz em 5,0 meses?

91 Uma motocicleta e seu piloto de 60,0 kg aceleram a $3,0 \text{ m/s}^2$ para subir uma rampa inclinada de 10° em relação à horizontal. Quais são os módulos (a) da força resultante a que é submetido o piloto e (b) da força que a motocicleta exerce sobre o piloto?

92 Calcule a aceleração inicial para cima de um foguete de massa $1,3 \times 10^4$ kg se a força inicial para cima produzida pelos motores (empuxo) é $2,6 \times 10^5$ N e o foguete parte do nível do mar. Não despreze a força gravitacional a que o foguete está submetido.

93 A Fig. 5-66a mostra um móvel pendurado no teto; o objeto é composto por duas peças de metal ($m_1 = 3,5$ kg e $m_2 = 4,5$ kg) ligadas por cordas de massa desprezível. Qual é a tração (a) da corda de baixo e (b) da corda de cima? A Fig. 5-66b mostra um móvel composto de três peças metálicas. Duas das massas são $m_3 = 4,8$ kg e $m_5 = 5,5$ kg. A tração da corda de cima é 199 N. Qual é a tração (c) da corda de baixo e (d) da corda do meio?

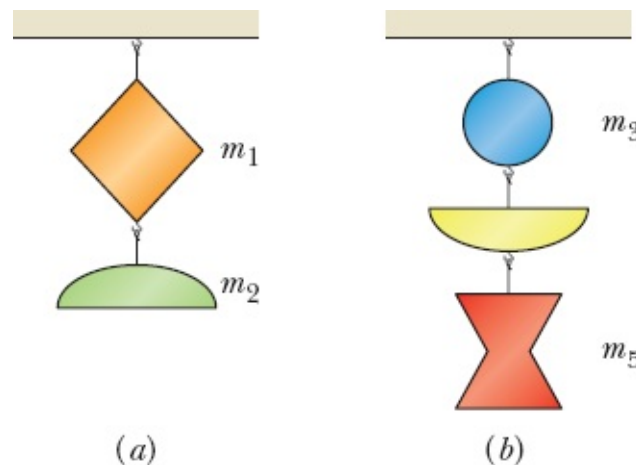


Figura 5-66 Problema 93.

94 Por esporte, um tatu de 12 kg escorrega em um grande lago gelado, plano e sem atrito. A velocidade inicial do tatu é 5,0 m/s no sentido positivo do eixo x . Tome como origem a posição inicial do tatu. O animal escorrega no gelo ao mesmo tempo que é empurrado pelo vento com uma força de 17 N no sentido positivo do eixo y . Na notação dos vetores unitários, qual é (a) o vetor velocidade e (b) qual é o vetor posição do tatu depois de deslizar durante 3,0 s?

95 Suponha que na Fig. 5-12 as massas dos blocos sejam de 2,0 kg e 4,0 kg. (a) Qual dessas massas deve ser a do bloco pendurado para que a aceleração seja a maior possível? Qual é, nesse caso, (b) o módulo da aceleração e (c) qual é a tração da corda?

96 Para capturar um nêutron livre, um núcleo deve fazê-lo parar em uma distância menor que o diâmetro do núcleo por meio da *interação forte*, a força responsável pela estabilidade dos núcleos atômicos, que é praticamente nula fora do núcleo. Supondo que, para ser capturado por um núcleo com um diâmetro $d = 1,0 \times 10^{-14}$ m, um nêutron livre deve ter uma velocidade inicial menor ou igual a $1,4 \times 10^7$ m/s, e que a força a que está sujeito o nêutron no interior do núcleo é aproximadamente constante, determine o módulo da interação forte. A massa do nêutron é $1,67 \times 10^{-27}$ kg.

97 Supondo que a massa-padrão de 1 kg é submetida a apenas duas forças, e determine a força resultante \vec{F}_{res} (a) na notação dos vetores unitários e (b) como um módulo e (c) como um ângulo em relação ao semieixo x positivo. Determine (d) o módulo e (e) o ângulo da aceleração \vec{F} .