

- (b) o elevador subindo com velocidade uniforme. (c) o elevador descendo com velocidade decrescente. (d) o elevador descendo com velocidade crescente.
21. Uma mulher fica de pé sobre uma balança de molas em um elevador. Em quais casos abaixo, a balança registrará a menor leitura e a maior leitura? (a) o elevador estacionário; (b) o cabo de elevador se rompe, queda livre; (c) o elevador acelerando para cima; (d) o elevador acelerando para baixo; (e) o elevador se movendo à velocidade constante.
22. Sob que circunstâncias seu peso seria nulo? Sua resposta depende de um referencial?

SEÇÃO 5-4

1. Dois blocos, de massas m_1 e m_2 , são interligados por uma mola de peso desprezível. Os corpos estão apoiados sobre uma mesa plana sem atrito. Após terem sido afastados e soltos, o bloco 1 adquire uma aceleração instantânea igual a a_1 . No mesmo instante a aceleração do bloco 2 vale $a_2 = 3a_1$. (a) Obtenha a razão m_1/m_2 . (b) Se $m_1 = 2$ kg e se $a_2 = 12$ m/s² qual seria a força exercida pela mola sobre os blocos?

SEÇÃO 5-5

2. Considere o Exemplo 2 deste Capítulo. A massa da mola vale 100 g e a massa do bloco vale 2,00 kg. Calcule o módulo da força exercida pelo teto sobre a mola.
Resposta: 20,6 N.
3. Dois pesos de 45 N são conectados a um dinamômetro, como mostra a Fig. 5-12(a). (a) Qual é a leitura do dinamômetro? (b) Um único peso de 45 N é ligado a um dinamômetro que, por sua vez, é fixado à parede, como mostra a Fig. 5-12(b). Qual seria neste caso a leitura do dinamômetro?
4. Dois blocos estão em contato sobre uma mesa plana sem atrito. Uma força horizontal é aplicada a um dos blocos conforme indicado na Fig. 5-13. (a) Se $m_1 = 3,0$ kg, $m_2 = 2,0$ kg, $F = 6$ N, ache a força de contato entre os dois blocos. (b) Suponha que a mesma força F seja aplicada a m_2 , ao invés de m_1 ; obtenha o módulo da força de contato entre os dois blocos neste caso.
Resposta: (a) 2,4 N. (b) 3,6 N.

SEÇÃO 5-8

5. Um viajante espacial possui massa de 70 kg. Calcule seu peso, quando estiver em repouso sobre uma balança: (a) na Terra, (b) na Lua (onde $g = 1,67$ m/s²), (c) em Júpiter (onde $g = 25,90$ m/s²). (d) Qual é a sua massa em cada um destes locais?

SEÇÃO 5-10

16. Um carro possui velocidade constante de 60 km/h e sua massa vale 1,2 toneladas (1 tonelada = 10^3 kg). Num dado instante o motorista usa os freios e o carro pára após percorrer 50 m. Calcule: (a) o módulo da força de frenagem, (b) o tempo necessário para o carro parar.
Resposta: (a) 2,78 kN, (b) 6 s.
7. Duas forças, F_1 e F_2 , atuam sobre um corpo de massa m , como indica a Fig. 5-14. Considere $m = 8,0$ kg, $F_1 = 4,0$ N, $F_2 = 6,0$ N. Determine o vetor aceleração do corpo.
8. Um elétron é projetado com uma velocidade horizontal de $8,2 \times 10^6$ m/s no interior de um campo elétrico que exerce sobre ele uma força vertical constante de $4,0 \times 10^{-16}$ N. A massa do elétron vale $9,1 \times 10^{-31}$ kg. Determine a deflexão vertical do elétron durante o intervalo de tempo em que ele avança 2,5 cm horizontalmente.
Resposta: 2,0 mm.
9. A massa de um corpo é igual a 20 kg. Sobre este corpo atua a força da gravidade e uma força horizontal igual a 90 N. Calcule: (a) sua aceleração; (b) sua velocidade em função do tempo supondo que ele parta do repouso.
10. Um bloco de massa m_1 está ligado a um bloco de massa m_2 por meio de uma corda de massa desprezível. Os dois blocos estão apoiados sobre um plano inclinado que forma um ângulo θ com a horizontal. Suponha que não haja atrito entre os blocos e o plano. Determine: (a) a aceleração de cada bloco, (b) a tensão na corda.

problemas

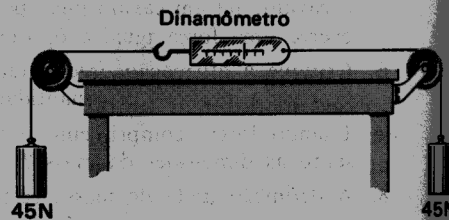


figura 5-12(a)

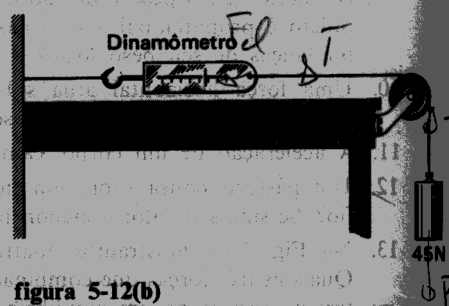


figura 5-12(b)

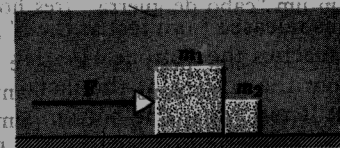


figura 5-13

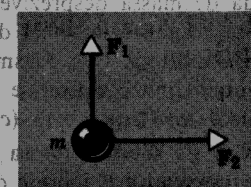


figura 5-14

Resposta: (a) Ambos os blocos escorregam com a mesma aceleração dada por $g \sin \theta$, (b) 0.

11. Um homem de massa igual a 70 kg salta do parapeito de uma janela, a apenas 0,65 m acima do solo, para um pátio de concreto. Ele não dobra os joelhos ao tocar o solo e seu movimento é interrompido numa distância de 2,0 cm. (a) Calcule a aceleração média do homem desde o momento em que seus pés tocam o solo até o momento em que seu corpo entra em repouso. (b) Determine a força média do impacto sobre sua estrutura óssea.

12. Num jogo de cabo-de-guerra três homens puxam uma das extremidades do cabo e três homens puxam a extremidade oposta. Um corpo de massa igual a 30 kg está pendurado no meio da corda. Os homens conseguirão, puxando bastante, fazer com que o cabo fique exatamente retilíneo? Explique a resposta.

Resposta: Não. Existirá sempre uma componente vertical da tensão da corda para equilibrar o peso do corpo de 30 kg.

13. Determine a força de atrito do ar sobre um corpo de massa igual a 0,50 kg que cai com uma aceleração igual a $9,3 \text{ m/s}^2$.

14. Uma esfera carregada possui massa igual a $5,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$. A esfera é suspensa por um fio isolante inextensível; sobre a esfera atua uma força elétrica horizontal de modo que, no equilíbrio, o barbante forma um ângulo de 30° com a vertical. Calcule: (a) o módulo da força elétrica, (b) a tensão no fio.

Resposta: (a) 0,03 N, (b) 0,06 N.

15. Um bloco de massa M é puxado ao longo de uma superfície horizontal lisa por uma corda de massa m , conforme indicado na Fig. 5-15. Uma força horizontal P é aplicada a uma das extremidades da corda. (a) Mostre que a corda deve vergar, ainda que de modo quase imperceptível. Em seguida, desprezando a deflexão da corda, determine: (b) a aceleração da corda e do bloco, (c) a força que a corda exerce sobre o bloco M .

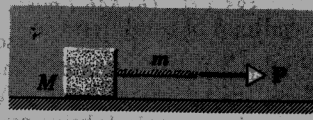


figura 5-15

16. Três blocos estão conectados, como mostra a Fig. 5-16, sobre uma mesa horizontal sem atrito e são puxados para a direita com uma força $T_3 = 100 \text{ N}$. Suponha $m_1 = 10 \text{ kg}$, $m_2 = 15 \text{ kg}$, $m_3 = 25 \text{ kg}$. (a) Obtenha uma expressão para a aceleração do sistema. (b) Generalize o resultado do item anterior para a aceleração de N blocos ligados por cordas de massas desprezíveis, supondo que a massa total dos N blocos seja igual a M , isto é, supondo $M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$ (c) Calcule os módulos das tensões T_1 e T_2 .

Resposta: (a) $a = T_3 / (m_1 + m_2 + m_3)$. (b) $a = T_3 / M$. (c) $T_1 = m_1 a = 20 \text{ N}$; $T_2 = (m_1 + m_2) a = 50 \text{ N}$.

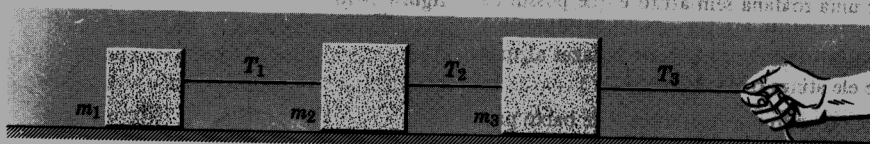


figura 5-16

17. Um foguete juntamente com sua carga possui massa igual a $7,0 \times 10^4 \text{ kg}$. Calcule o módulo da força de propulsão do foguete quando (a) ele está "parando" acima da plataforma de lançamento, logo após a ignição, e (b) o foguete está acelerando para cima a 25 m/s^2 .

18. Um objeto possui massa igual a 80 kg. Uma corda possui tensão de ruptura igual a 500 N. Explique como seria possível baixar este objeto de um telhado usando esta corda.

Resposta: Para que a corda não se rompa o objeto deve ser baixado com uma aceleração maior do que $3,56 \text{ m/s}^2$. Para uma aceleração igual a $3,56 \text{ m/s}^2$ a corda não se rompe mas está no limite de ruptura; se a aceleração for menor do que $3,56 \text{ m/s}^2$ a corda se rompe. Em particular, o objeto não pode ficar suspenso nesta corda parado nem muito menos ser puxado para cima (qualquer que seja a aceleração).

19. Um bloco, partindo do repouso no topo de um plano inclinado sem atrito, cujo comprimento é de 16 m, chega à base do plano 5,0 s depois. Um segundo bloco é projetado da base para cima do plano no instante em que o primeiro bloco começa a sua trajetória, de tal modo que ele retorna à base do plano simultaneamente com o primeiro bloco. (a) Ache a aceleração de cada bloco no plano inclinado. (b) Calcule a velocidade inicial do segundo bloco. (c) Que distância ao longo do plano percorre o segundo bloco? (d) Determine o ângulo que o plano forma com a horizontal.

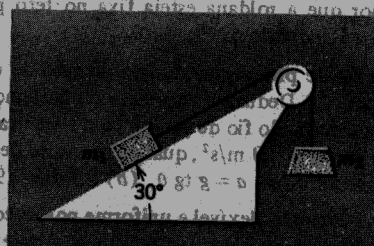


figura 5-17

20. Um bloco de massa $m_1 = 50 \text{ kg}$ está apoiado sobre um plano inclinado liso que forma um ângulo de 30° com a horizontal, conforme indicado na Fig. 5-17. Este corpo é ligado a outro de massa m_2 através de um fio inextensível e de massa desprezível que

passa por uma roldana sem atrito. Considere $m_1 = 30 \text{ kg}$. (a) Calcule a aceleração de cada corpo. (b) Ache o módulo da tensão da corda.

Resposta: (a) $0,6 \text{ m/s}^2$. (b) 275 N .

21. Um bloco é projetado para cima, sobre um plano inclinado sem atrito, com uma velocidade v_0 . O ângulo de inclinação em relação à horizontal é igual a θ . (a) Que distância ao longo do plano ele percorre? (b) Quanto ele gasta para percorrer esta distância? (c) Calcule sua velocidade no momento em que ele retorna à base do plano. Obtenha primeiro as respostas literais e depois ache as respostas numéricas considerando os seguintes valores: $\theta = 30^\circ$ e $v_0 = 3 \text{ m/s}$.

22. Um elevador possui massa igual a 4 toneladas. (a) Ele é puxado de baixo para cima por meio de um cabo com uma aceleração de $1,5 \text{ m/s}^2$. (b) Determine a tensão no cabo quando o elevador está descendo com uma aceleração de $1,8 \text{ m/s}^2$.

Resposta: (a) $45,2 \text{ kN}$. (b) $32,0 \text{ kN}$.

23. Um lustre está pendurado verticalmente por um fio, no interior de um elevador que desce com desaceleração de $1,8 \text{ m/s}^2$ antes de parar. (a) Supondo que a tensão no fio seja igual a 90 N , calcule a massa do lustre. (b) Determine a tensão no fio quando o elevador sobe com uma aceleração de $2,4 \text{ m/s}^2$.

24. Um pára-quedista possui massa igual a 70 kg e quando salta do avião com um pára-quedas ele sofre uma aceleração para baixo igual a $2,0 \text{ m/s}^2$. A massa do pára-quedas vale $5,0 \text{ kg}$. (a) Determine o valor da força exercida pelo ar de baixo para cima sobre o pára-quedas. (b) Ache o módulo da força exercida pelo homem sobre o pára-quedas.

Resposta: (a) $585,7 \text{ N}$. (b) $546,7 \text{ m/s}^2$.

25. Seja M a massa total de um balão de pesquisas. O balão está descendo verticalmente com uma aceleração a orientada de cima para baixo. Determine a massa de lastro necessária para ser lançada do balão a fim de que o balão passe a sofrer a mesma aceleração a , porém orientada de baixo para cima.

26. Observe a Fig. 5-18. Um elevador compõe-se da cabina A , do contrapeso B , do mecanismo de propulsão C e do cabo e roldanas. A massa da cabina vale 1.300 kg e a do contrapeso vale 1.200 kg . Despreze o atrito e a massa do cabo e das roldanas. O elevador está acelerado para cima a $2,5 \text{ m/s}^2$ e o contrapeso possui aceleração igual mas de sentido contrário. Determine: (a) o módulo da tensão T_1 , (b) o módulo de T_2 , (c) a força que o mecanismo de propulsão exerce sobre o cabo.

Resposta: (a) $1,60 \times 10^4 \text{ N}$,

(b) $0,88 \times 10^4 \text{ N}$,

(c) $0,72 \times 10^4 \text{ N}$, no sentido do contrapeso.

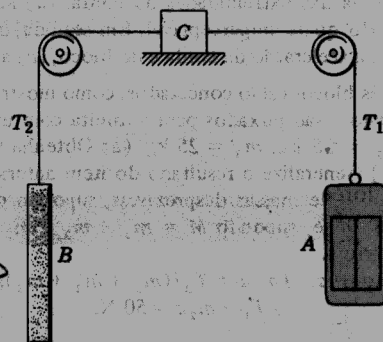


figura 5-18

27. Um homem possui massa igual a 80 kg . Ele desce de uma altura de 10 m até tocar o solo, segurando-se numa corda que passa por uma roldana sem atrito e que possui na outra extremidade um saco de areia de 60 kg . Determine: (a) a velocidade com que o homem toca o solo, (b) o tempo gasto neste percurso. (c) Ele poderia fazer alguma coisa para tentar reduzir a velocidade com que ele atinge o solo?

28. O eixo da roldana indicada na Fig. 5-19 é impulsionado por uma força F de baixo para cima. Despreze o atrito do mancal e a massa do fio e da roldana. O corpo m_1 possui massa igual a 2 kg e o outro corpo amarrado na outra extremidade da roldana possui massa $m_2 = 4 \text{ kg}$. O corpo de massa m_2 está inicialmente apoiado na horizontal. Faça um diagrama das forças sobre a roldana e sobre cada um dos blocos. Com base neste diagrama e nas leis de Newton, determine: (a) o maior valor que a força F pode ter de modo que m_2 permaneça em repouso sobre a superfície, (b) a tensão no fio supondo $F = 100 \text{ N}$, (c) a aceleração de m_1 no caso (b).

Resposta: (a) $78,5 \text{ N}$, (b) 50 N , (c) $15,2 \text{ m/s}^2$, para cima.

29. Considere a mesma roldana da Fig. 5-19. No lugar de m_1 suponha que exista um macaco e no lugar de m_2 suponha um bloco de massa igual a 19 kg . A massa do macaco é igual a 12 kg . (a) Explique quantitativamente como o macaco pode subir pela corda de modo a levantar do solo a massa m_2 . Faça as mesmas considerações do problema anterior, desprezando as mesmas grandezas desprezadas nesse problema. Suponha agora que o macaco pára de subir, apenas agarrando-se à corda, após ter erguido a massa; determine neste caso: (b) a aceleração do macaco, (c) a tensão na corda, (d) o valor da força F . Observação: Neste problema, diversamente do problema anterior, você deve supor que a roldana esteja fixa no teto por um fio cuja direção é igual à direção da força F indicada na Fig. 5-19.

30. Um fio de prumo, pendurado no teto de um vagão ferroviário atua como um acelerômetro. (a) Deduza a expressão da aceleração do trem em função do ângulo θ formado pela direção do fio de prumo com a vertical. (b) Calcule a para $\theta = 30^\circ$ e para $\theta = 45^\circ$. (c) Para $a = 2,0 \text{ m/s}^2$, qual seria o valor de θ ?

Resposta: (a) $a = g \tan \theta$, (b) $5,7 \text{ m/s}^2$; $9,8 \text{ m/s}^2$; (c) $11,5^\circ$

31. Uma corrente flexível e uniforme possui comprimento L . Sua densidade linear (ou seja, seu peso por unidade comprimento) vale λ . A corrente passa sobre uma roldana sem atrito e de massa desprezível. Ela é liberada da posição de repouso, pendendo para um

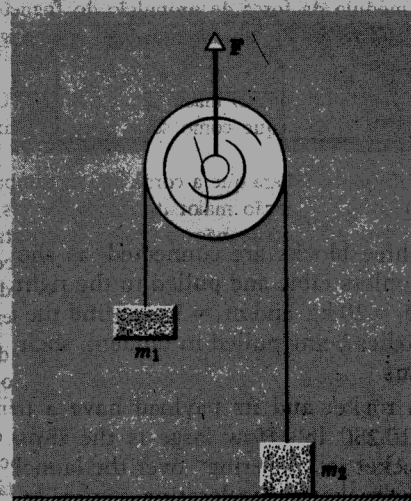


figura 5-19

lado com um comprimento x e para o outro com comprimento $L - x$. Determine a aceleração a em função de x .

32. Duas partículas de mesma massa m estão ligadas por um fio leve de comprimento $2l$, conforme indicado na Fig. 5-20. Aplica-se uma força contínua F no ponto médio da corda ($x = 0$), perpendicularmente à posição inicial da corda. Determine a aceleração de m numa direção perpendicular à força aplicada, em função da distância x de uma das partículas à linha de ação da força aplicada.

Resposta: $a_x = \frac{F}{2m} \cdot \frac{x}{(l^2 - x^2)^{1/2}}$

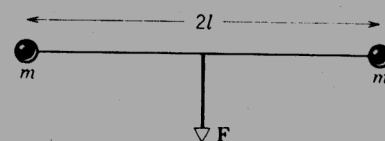


figura 5-20

33. A Fig. 5-21 indica uma corrente composta por 5 elos, cada um dos quais possui massa igual a 0,08 kg. A corrente é levantada verticalmente com uma aceleração de $2,5 \text{ m/s}^2$. Determine: (a) as forças que atuam sobre os elos adjacentes, (b) a força F exercida sobre o elo superior pelo agente que levanta a corrente, (c) a força resultante que atua em cada elo.

34. A resistência do ar ao movimento dos corpos depende de muitos fatores, tais como: tamanho e forma do corpo, densidade e temperatura do ar, velocidade do corpo, etc. Uma hipótese aceitável, pelo menos para cálculos de ordem de grandeza, afirma que a força resistiva f_R é proporcional ao módulo da velocidade do corpo. Como a força resistiva é contrária ao movimento, podemos escrever: $f_R = -kv$, onde k é uma constante de proporcionalidade. Denomina-se *velocidade terminal* de um corpo no seio de um fluido a velocidade atingida pelo corpo quando a aceleração do movimento torna-se nula, isto é, o corpo passa a se mover com velocidade constante no seio do fluido. (a) Aplique a Segunda Lei de Newton para um corpo que cai verticalmente no ar. (b) Obtenha a equação diferencial do movimento. (c) Calcule a velocidade terminal. (d) Obtenha a expressão da velocidade em função do tempo. (e) Obtenha a expressão do espaço percorrido em função do tempo.

Resposta: (a) $mg - kv = ma$. (b) $mg - kv = m(dv/dt)$ ou então:

$$mg - k \frac{dx}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

(c) $v_t = mg/k$. (d) O módulo da velocidade em função de t é dado por:

$v = v_t (1 - e^{-kt/m})$. (e) O espaço percorrido em função do tempo vale:

$$x = v_t t + v_t (m/k) \exp(-kt/m).$$

35. A Fig. 5-22 indica uma cunha em forma de triângulo retângulo, de massa M e ângulo θ . A cunha repousa sobre uma mesa horizontal e sobre a cunha existe um bloco de massa m . (a) Ache a aceleração horizontal a da cunha em relação à mesa para que o bloco de massa m fique estacionário em relação à cunha, desprezando a força de atrito entre a cunha e o bloco. (b) Determine a força horizontal F para que se obtenha este resultado, desprezando-se o atrito com a mesa. (c) Suponha agora que nenhuma força seja aplicada a M e que nenhuma das superfícies em contato possua atrito; descreva o movimento resultante.



figura 5-22

36. Um bloco de massa m pode deslizar sem atrito sobre um plano inclinado que forma um ângulo θ com o piso de um elevador. Determine a aceleração do bloco em relação ao plano inclinado nos seguintes casos: (a) o elevador desce com velocidade constante v , (b) o elevador sobe com velocidade constante v , (c) o elevador desce com aceleração a , (d) o elevador sobe com uma desaceleração a , (e) o elevador sobe com uma aceleração a , (f) o cabo do elevador se rompe. (g) Suponha que o corpo de massa m permaneça apoiado sobre uma balança de mola de massa desprezível que também está apoiada sobre o plano inclinado; calcule o peso do corpo de massa m indicado pela balança nas condições do item (e).

Resposta: (a) $g \sin \theta$, (b) $g \sin \theta$, (c) $(g - a) \sin \theta$, (d) $(g + a) \sin \theta$, (e) $(g + a) \sin \theta$, (f) zero. (g) O módulo do peso vale: $m(g + a) \cos \theta$.