

26 •• A rapidez de Mach 2, a uma altitude de 60.000 ft, significa o mesmo que a rapidez de Mach 2 próximo ao nível do chão? Explique claramente.

## ESTIMATIVA E APROXIMAÇÃO

27 •• Muitos anos atrás, a partida na corrida dos 100 metros era dada pelo som de uma pistola do largador, que ficava afastado alguns metros, na parte interna das pistas. (Hoje, a pistola utilizada é usualmente apenas um gatilho, usado para acionar eletronicamente alto-falantes colocados atrás dos apoios de partida de cada competidor. Este método evita o problema de um corredor ouvir o som antes dos demais.) Estime o tempo que o corredor da pista interna leva de vantagem (em relação ao corredor da pista externa, sendo 8 o número de corredores), se todos os corredores partem ao ouvir o som da pistola do largador.

28 •• Estime a rapidez do projétil quando ele atravessa o balão de hélio da Figura 15-32. Dica: Um transferidor pode ser útil.

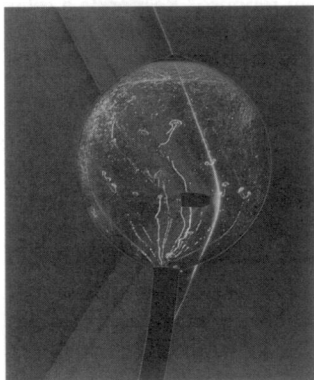


FIGURA 15-32 Problema 28  
(De Harold E. Edgerton/Palm Press Inc.)

29 •• Os novos alojamentos de estudantes de uma universidade têm a forma de um semicírculo envolvendo a metade da pista de esportes. Para estimar a rapidez do som no ar, um estudante de física ambicioso postou-se no centro do semicírculo batendo palmas de forma ritmada, com uma frequência que não lhe permitia ouvir o eco de cada batida, pois este o alcançava no mesmo instante em que ele efetuava a batida seguinte. Esta frequência era de cerca de 2,5 batidas por segundo. Uma vez encontrada esta frequência, ele se pôs a medir a distância aos alojamentos, verificando que ela valia 30 passos largos. Supondo que o comprimento de cada passo largo é a metade da altura do estudante [5 ft 11 in (1,80 m)], estime a rapidez do som no ar, usando estes dados. De quanto sua estimativa difere do valor comumente aceito de 343 m/s?

## RAPIDEZ DAS ONDAS

30 • (a) O módulo volumétrico da água é  $2,00 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ . Use este valor para determinar a rapidez do som na água. (a) A rapidez do som no mercúrio é 1410 m/s. Qual é o módulo volumétrico do mercúrio ( $\rho = 13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )?

31 • Calcule a rapidez das ondas sonoras no gás hidrogênio ( $M = 2,00 \text{ g/mol}$  e  $\gamma = 1,40$ ) a  $T = 300 \text{ K}$ .

32 • Uma corda de 7,00 m de comprimento tem uma massa de 100 g e está sob uma tração de 900 N. Qual é a rapidez de um pulso de onda transversal nesta corda?

33 •• (a) Calcule a derivada em relação à tração da rapidez do som em uma corda,  $dv/dF_T$ , e mostre que as diferenciais  $dv$  e  $dF_T$  satisfazem a  $dv/v = \frac{1}{2} dF_T/F_T$ . (b) Uma onda se move com uma rapidez de 300 m/s em uma corda que está sob uma tração de 500 N. Usando a aproximação diferencial, estime qual a variação que deve sofrer a tração para que a rapidez seja aumentada para 312

m/s. (c) Calcule  $\Delta F_T$  exatamente e compare-o com o resultado da aproximação diferencial da Parte (b). Suponha que a corda não se distenda com o aumento da tração.

34 •• (a) Calcule a derivada em relação à temperatura absoluta da rapidez do som em uma corda e mostre que as diferenciais  $dv$  e  $dT$  satisfazem a  $dv/v = \frac{1}{2} dT/T$ . (b) Use este resultado para estimar a variação percentual da rapidez do som quando a temperatura varia de  $0^\circ\text{C}$  para  $27^\circ\text{C}$ . (c) Se a rapidez do som é 331 m/s a  $0^\circ\text{C}$ , estime seu valor a  $27^\circ\text{C}$  usando a aproximação diferencial. (d) Como se compara esta aproximação com o resultado de um cálculo exato?

35 ••• Deduza uma fórmula conveniente para a rapidez do som no ar à temperatura  $t$  em graus Celsius. Comece escrevendo a temperatura como  $T = T_0 + \Delta T$ , onde  $T_0 = 273 \text{ K}$  corresponde a  $0^\circ\text{C}$  e  $\Delta T = t$ , a temperatura Celsius. A rapidez do som é uma função de  $T$ ,  $v(T)$ . Em uma aproximação de primeira ordem, você pode escrever  $v(T) \approx v(T_0) + (dv/dT)_{T_0} \Delta T$ , onde  $(dv/dT)_{T_0}$  é a derivada calculada em  $T = T_0$ . Calcule esta derivada e mostre que o resultado leva a

$$v = (331 \text{ m/s})(1 + (t/2T_0)) = (331 + 0,606t) \text{ m/s}$$

## A EQUAÇÃO DA ONDA

36 • Mostre, explicitamente, que as seguintes funções satisfazem à equação da onda  $\partial^2 y / \partial x^2 = (1/v^2) \partial^2 y / \partial t^2$ : (a)  $y(x,t) = k(x + vt)^3$ , (b)  $y(x,t) = Ae^{ik(x - vt)}$ , onde  $A$  e  $k$  são constantes e  $i = \sqrt{-1}$ , e (c)  $y(x,t) = \ln[k(x - vt)]$ .

37 • Mostre que a função  $y = A \sin kx \cos \omega t$  satisfaz à equação da onda.

## ONDAS HARMÔNICAS EM UMA CORDA

38 • Uma das extremidades de uma corda de 6,0 m de comprimento é deslocada para cima e para baixo em um movimento harmônico simples com uma frequência de 60 Hz. Se as cristas de onda percorrem toda a corda em 0,50 s, determine o comprimento de onda das ondas na corda.

39 • Uma onda harmônica em uma corda, que tem uma massa por unidade de comprimento de 0,050 kg/m e uma tração de 80 N, possui uma amplitude de 5,0 cm. Cada ponto da corda se move em movimento harmônico simples com uma frequência de 10 Hz. Qual é a potência transmitida pela onda que se propaga na corda?

40 • Uma corda de 2,00 m de comprimento tem uma massa de 0,100 kg. A tração é 60,0 N. Um oscilador, em uma das extremidades, envia uma onda harmônica com uma amplitude de 1,00 cm ao longo da corda. Na outra extremidade da corda toda a energia da onda é absorvida, não havendo reflexão. Qual é a frequência do oscilador, se a potência transmitida é 100 W?

41 •• A função de onda para uma onda harmônica em uma corda é  $y(x,t) = (1,00 \text{ mm}) \sin(62,8 \text{ m}^{-1}x + 314 \text{ s}^{-1}t)$ . (a) Qual é o sentido de propagação da onda e qual é sua rapidez? (b) Determine o comprimento de onda, a frequência e o período desta onda. (c) Qual é a maior rapidez de qualquer ponto da corda?

42 •• Uma onda harmônica em uma corda, com uma frequência de 80 Hz e uma amplitude de 0,025 m, viaja no sentido  $+x$  com uma rapidez de 12 m/s. (a) Escreva uma função de onda apropriada para esta onda. (b) Determine a maior rapidez de um ponto da corda. (c) Determine a maior aceleração de um ponto da corda.

43 •• Uma onda harmônica de 200 Hz, com uma amplitude de 1,2 cm, se move ao longo de uma corda de 40 m de comprimento com 0,120 kg de massa e 50 N de tração. (a) Qual é a energia total média

das ondas  
Qual é a  
da corda

44 ••  
pa enqua  
por uma  
sen  $(kx -$   
onda, co

45 ••  
ticada,  
onda é l  
fonte de  
é a potê  
400 Hz?  
do-se a  
ondas. l  
para pu  
for a ún

46 ••  
to  $x = 0$   
 $x > 0$  a  
da  $(x <$   
0, o des  
B sen(k  
 $\omega/k_1 =$   
quanto  
 $x = 0,$   
 $v_2)$ . (b)

## ONDAS

47  
são da  
metros  
compr

48  
cia de  
A freq  
dó cer

49  
tude  
cia e  
de d  
cia é  
50  
plitu  
quê  
(b) C  
tem  
freq

51  
quên  
(a) Er  
came  
ar ig  
qual  
52  
um f  
53  
cam  
som  
A rap  
leva  
Qua

das ondas em um segmento da corda de 20 m de comprimento? (b) Qual é a potência transmitida quando a onda passa por um ponto da corda?

44 •• Em uma corda real, parte da energia de uma onda se dissipa enquanto a onda percorre a corda. Esta situação pode ser descrita por uma função de onda cuja amplitude  $A(x)$  depende de  $x$ :  $y = A(x) \sin(kx - \omega t)$ , onde  $A(x) = A_0 e^{-bx}$ . Qual é a potência transportada pela onda, como função de  $x$ , para  $x > 0$ ?

45 •• Potência deve ser transmitida ao longo de uma corda esticada, por meio de ondas harmônicas transversais. A rapidez de onda é 10 m/s e a massa específica linear da corda é 0,010 kg/m. A fonte de potência oscila com uma amplitude de 0,50 mm. (a) Qual é a potência média transmitida ao longo da corda se a frequência é 400 Hz? (b) A potência transmitida pode ser aumentada aumentando-se a tração na corda, a frequência da fonte ou a amplitude das ondas. De quanto cada uma dessas grandezas deve ser aumentada para provocar um aumento da potência de uma fator de 100, se ela for a única grandeza a ser variada?

46 ••• Duas cordas muito longas são atadas uma à outra no ponto  $x = 0$ . Na região  $x < 0$ , a rapidez da onda é  $v_1$ , enquanto na região  $x > 0$  a rapidez é  $v_2$ . Uma onda senoidal incide sobre o nó, da esquerda ( $x < 0$ ); parte da onda é refletida e parte é transmitida. Para  $x < 0$ , o deslocamento da onda é descrito por  $y(x,t) = A \sin(k_1 x - \omega t) + B \sin(k_1 x + \omega t)$ , enquanto para  $x > 0$ ,  $y(x,t) = C \sin(k_2 x - \omega t)$ , onde  $\omega/k_1 = v_1$  e  $\omega/k_2 = v_2$ . (a) Se supomos que tanto a função de onda  $y$  quanto sua primeira derivada espacial  $\partial y/\partial x$  devam ser contínuas em  $x = 0$ , mostre que  $C/A = 2v_2/(v_1 + v_2)$  e que  $B/A = (v_1 - v_2)/(v_1 + v_2)$ . (b) Mostre que  $B^2 + (v_1/v_2)C^2 = A^2$ .

## ONDAS SONORAS HARMÔNICAS

47 • Uma onda sonora no ar produz uma variação de pressão dada por  $p(x,t) = 0,75 \cos[\frac{\pi}{2}(x - 343t)]$ , com  $p$  em pascals,  $x$  em metros e  $t$  em segundos. Determine (a) a amplitude de pressão, (b) o comprimento de onda, (c) a frequência e (d) a rapidez da onda.

48 • (a) A nota dó central da escala musical tem uma frequência de 262 Hz. Qual é o comprimento de onda desta nota no ar? (b) A frequência do dó uma oitava acima do dó central é o dobro da do dó central. Qual é o comprimento de onda desta nota no ar?

49 • A massa específica do ar é 1,29 kg/m<sup>3</sup>. (a) Qual é a amplitude de deslocamento de uma onda sonora de 100 Hz de frequência e amplitude de pressão igual a  $1,00 \times 10^{-4}$  atm? (b) A amplitude de deslocamento de uma onda sonora de 300 Hz de frequência é  $1,00 \times 10^{-7}$  m. Qual é a amplitude de pressão desta onda?

50 • A massa específica do ar é 1,29 kg/m<sup>3</sup>. (a) Qual é a amplitude de deslocamento de uma onda sonora de 500 Hz de frequência com a amplitude de pressão no limiar da dor, de 29,0 Pa? (b) Qual é a amplitude de deslocamento de uma onda sonora que tem a mesma amplitude de pressão da onda da Parte (a), mas uma frequência de 1,00 kHz?

51 • Uma onda sonora típica bem audível, de 1,00 kHz de frequência, tem uma amplitude de pressão de cerca de  $1,00 \times 10^{-4}$  atm. (a) Em  $t = 0$ , a pressão é máxima em certo ponto  $x_1$ . Qual é o deslocamento nesse ponto, em  $t = 0$ ? (b) Supondo a massa específica do ar igual a 1,29 kg/m<sup>3</sup>, qual é o valor máximo do deslocamento, em qualquer instante e posição?

52 • Uma oitava representa uma variação de frequência por um fator de 2. Uma pessoa pode ouvir quantas oitavas?

53 •• **APLICAÇÃO BIOLÓGICA** Nos oceanos, as baleias se comunicam por transmissão sonora através da água. Uma baleia emite um som de 50,0 Hz para dizer a um filhote teimoso para voltar ao grupo. A rapidez do som na água é de cerca de 1500 m/s. (a) Quanto tempo leva para o som chegar ao filhote, se ele está afastado de 1,20 km? (b) Qual é o comprimento de onda deste som na água? (c) Se as baleias

estão próximas da superfície, parte da energia sonora pode refratar para o ar. Quais seriam a frequência e o comprimento de onda do som no ar?

## ONDAS EM TRÊS DIMENSÕES: INTENSIDADE

54 • Uma fonte esférica senoidal irradia som uniformemente em todas as direções. A uma distância de 10,0 m, a intensidade sonora é  $1,00 \times 10^{-4}$  W/m<sup>2</sup>. (a) A que distância da fonte a intensidade vale  $1,00 \times 10^{-6}$  W/m<sup>2</sup>? (b) Qual é a potência irradiada por esta fonte?

55 • **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** Um alto-falante, em um concerto de rock, gera um som com uma intensidade de  $1,00 \times 10^{-2}$  W/m<sup>2</sup> a 20,0 m de distância, com uma frequência de 1,00 kHz. Suponha que a energia do alto-falante seja distribuída uniformemente em três dimensões. (a) Qual é a potência acústica total de saída do alto-falante? (b) A que distância a intensidade do som estará no limiar da dor de 1,00 W/m<sup>2</sup>? (c) Qual é a intensidade do som a 30,0 m?

56 •• Quando um alfinete de 0,100 g de massa é largado de uma altura de 1,00 m, 0,050 por cento de sua energia é convertida em um pulso sonoro que dura 0,100 s. (a) Estime até a que distância o alfinete pode ser ouvido, se a intensidade mínima audível é de  $1,00 \times 10^{-11}$  W/m<sup>2</sup>. (b) Seu resultado da Parte (a) é muito maior do que o da prática, devido ao ruído de fundo. Se supusermos que a intensidade deva ser pelo menos de  $1,00 \times 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup> para que o som seja ouvido, estime a até que distância pode estar o alfinete ao cair para ser ouvido. (Nas duas partes, suponha que a intensidade seja  $P/4\pi r^2$ .)

## \*NÍVEL DE INTENSIDADE

57 • Qual é o nível de intensidade, em decibéis, de uma onda sonora que tem uma intensidade igual a (a)  $1,00 \times 10^{-10}$  W/m<sup>2</sup> e (b)  $1,00 \times 10^{-2}$  W/m<sup>2</sup>?

58 • Qual é a intensidade de uma onda sonora em um determinado ponto onde o nível de intensidade é (a)  $\beta = 10$  dB e (b)  $\beta = 3,0$  dB?

59 • A uma certa distância, o nível de intensidade sonora do latido de um cachorro é 50 dB. À mesma distância, a intensidade sonora de um concerto de rock é 10.000 vezes igual à do latido do cachorro. Qual é o nível de intensidade sonora do concerto de rock?

60 • Que fração da potência acústica de um ruído deve ser eliminada para se reduzir seu nível de intensidade de 90 para 70 dB?

61 •• Uma fonte esférica irradia som uniformemente em todas as direções. À distância de 10 m, o nível de intensidade sonora é 80 dB. (a) A que distância da fonte o nível de intensidade é 60 dB? (b) Qual é a potência irradiada por esta fonte?

62 •• Henrique e Suzana estão sentados em lados opostos na platéia, dentro da tenda de um circo, quando um elefante dá um forte bramido. Se Henrique percebe um nível de intensidade sonora de 65 dB e Suzana percebe apenas 55 dB, qual é a razão entre as distâncias de Suzana e de Henrique ao elefante?

63 •• Três fontes sonoras produzem níveis de intensidade de 70 dB, 73 dB e 80 dB, quando atuando separadamente. Quando elas atuam juntas, a intensidade resultante é a soma das intensidades individuais. (a) Determine o nível de intensidade sonora, em decibéis, quando as três fontes atuam ao mesmo tempo. (b) Discuta a efetividade de se eliminar as duas fontes menos intensas para reduzir o nível de intensidade do ruído.

64 •• Mostre que, se duas pessoas estão diferentemente afastadas de uma fonte sonora, a diferença  $\Delta\beta$  entre os níveis de intensidade sonora que atingem estas pessoas, em decibéis, será sempre a mesma, não importando a potência irradiada pela fonte.

65 ••• Todos, em uma festa, estão falando com a mesma intensidade. Uma pessoa está conversando com você e o conseqüente nível de intensidade sonora, onde você está, é de 72 dB. Supondo que todas as 38 pessoas na festa distem de você a mesma distância daquela pessoa com quem você conversa, determine o nível de intensidade sonora onde você está.

66 ••• Quando um violinista passa o arco pelas cordas, a força com que o arco é empurrado é bem pequena, cerca de 0,60 N. Suponha que o arco deslize pela corda lá, que vibra a 440 Hz, a 0,50 m/s. Um ouvinte, a 35 m de distância do artista, escuta um som de 60 dB. Supondo o som irradiando uniformemente em todas as direções, com que eficiência a energia mecânica dispendida pelo músico ao tocar é transformada em energia sonora?

67 ••• O nível de intensidade sonora em determinado ponto de uma sala de aula vazia é 40 dB. Quando 100 estudantes estão escrevendo durante um exame, o nível de ruído naquele ponto aumenta para 60 dB. Supondo contribuições iguais de potência sonora por parte de todos os alunos, determine o nível de intensidade sonora naquele ponto depois que 50 alunos deixaram a sala.

## ONDAS EM CORDAS COM VARIAÇÃO DE RAPIDEZ

68 • Um cordão de 3,00 m de comprimento, com 25,0 g de massa, é amarrado a uma corda de 4,00 m de comprimento e 75,0 g de massa, e a combinação é submetida a uma tração de 100 N. Se um pulso transversal é enviado a partir do cordão, determine os coeficientes de reflexão e de transmissão no ponto de junção.

69 • Seja uma corda tensa, com uma massa por unidade de comprimento  $\mu_1$ , transportando pulsos de onda transversais que incidem sobre um ponto onde a corda é conectada a uma outra corda, com uma massa por unidade de comprimento  $\mu_2$ . (a) Mostre que, se  $\mu_1 = \mu_2$ , o coeficiente de reflexão  $r$  é igual a zero e o coeficiente de transmissão  $\tau$  é igual a +1. (b) Mostre que, se  $\mu_2 \gg \mu_1$ ,  $r \approx -1$  e  $\tau \approx 0$ . (c) Mostre que, se  $\mu_2 \ll \mu_1$ ,  $r \approx +1$  e  $\tau \approx +2$ .

70 •• Verifique a validade de  $1 = r^2 + (v_1/v_2)\tau^2$  (Equação 15-36) por substituição das expressões para  $r$  e  $\tau$ .

71 ••• Seja uma corda esticada com uma massa por unidade de comprimento  $\mu_1$ , transportando pulsos de onda transversais da forma  $y = f(x - v_1t)$  que incidem sobre um ponto  $P$  onde a corda é conectada a uma segunda corda, com uma massa por unidade de comprimento  $\mu_2$ . Deduza  $1 = r^2 + (v_1/v_2)\tau^2$  igualando a potência incidente no ponto  $P$  à soma das potências refletida e transmitida em  $P$ .

## O EFEITO DOPPLER

Nos Problemas 72 a 75, suponha a fonte emitindo som à frequência de 200 Hz. Suponha, também, a rapidez do som no ar parado igual a 343 m/s.

72 • Uma fonte sonora se move a 80 m/s ao encontro de um observador estacionário no ar parado. (a) Determine o comprimento de onda do som na região entre a fonte e o observador. (b) Determine a frequência escutada pelo observador.

73 • Considere a situação descrita no Problema 72 sob o ponto de vista do referencial da fonte. Neste referencial, o observador e o ar se movem ao encontro da fonte a 80 m/s e a fonte está em repouso. (a) Com que rapidez, em relação à fonte, o som está viajando na região entre fonte e observador? (b) Determine o comprimento de onda do som na região entre fonte e observador. (c) Determine a frequência escutada pelo observador.

74 • Uma fonte sonora se afasta a 80 m/s de um observador estacionário. (a) Determine o comprimento de onda das ondas sonoras na região entre a fonte e o observador. (b) Determine a frequência escutada pelo observador.

75 • Um observador está se afastando a 80 m/s de uma fonte que está estacionária em relação ao ar. Determine a frequência escutada pelo observador.

76 •• **RICO EM CONTEXTO** Você está assistindo à chegada de um ônibus espacial. Próximo ao final do pouso, a nave está viajando a Mach 2,50 e a uma altitude de 5000 m. (a) Qual é o ângulo que a onda de choque forma com a direção de voo da nave? (b) Qual é a sua distância ao ônibus espacial, no momento em que você ouve a onda de choque, supondo que a nave mantenha constantes sua direção de voo e a altitude de 5000 m, após passar diretamente sobre sua cabeça?

77 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** O detector de neutrinos japonês SuperKamiokande é um tanque de água do tamanho de um edifício de 14 andares. Quando os neutrinos colidem com os elétrons da água, a maior parte de sua energia é transferida para os elétrons. Em conseqüência, os elétrons saem com velocidades de módulos próximos de  $c$ . O neutrino é contado detectando-se a onda de choque, chamada de radiação Cerenkov, que é produzida quando os elétrons rápidos atravessam a água com rapidez maior do que a rapidez da luz na água. Se o maior ângulo do cone de onda de choque de Cerenkov é  $48,75^\circ$ , qual é a rapidez da luz na água?

78 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA, RICO EM CONTEXTO** Você deve calibrar os radares da polícia. Um desses aparelhos emite microondas à frequência de 2,00 GHz. Durante os testes, estas ondas foram refletidas de um carro que se afastava diretamente do aparelho estacionário. Você detecta uma diferença de frequência (entre as microondas recebidas e aquelas que foram enviadas) de 293 Hz. Determine a rapidez do carro.

79 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA, RICO EM CONTEXTO** Usa-se o efeito Doppler, rotineiramente, para medir a rapidez dos ventos em tempestades. Como gerente de uma estação meteorológica, você está usando um sistema Doppler de radar que possui uma frequência de 625 MHz para fazer refletir pulsos por gotas de chuva em uma tempestade distante 50 km. Você verifica que o pulso que recebe está com uma frequência 325 Hz maior. Supondo o vento vindo diretamente ao seu encontro, qual é a rapidez do vento na tempestade? *Dica: O sistema de radar pode medir apenas a componente da velocidade do vento que está em sua "linha de visada".*

80 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** Um destróier estacionário está equipado com um sonar que envia pulsos sonoros de 40 MHz. O destróier recebe de volta os pulsos refletidos por um submarino que está diretamente abaixo dele, com uma frequência de 39,958 MHz e após 80 ms. Se a rapidez do som na água é 1,54 km/s, (a) qual é a profundidade do submarino e (b) qual é sua rapidez vertical?

81 •• Um radar da polícia transmite microondas de  $3,00 \times 10^{10}$  Hz, que viajam no ar a  $3,00 \times 10^8$  m/s. Seja um carro se afastando do radar da polícia, que está parado, a 140 km/s. (a) Qual é a diferença de frequência entre o sinal transmitido e o sinal recebido a partir do carro em movimento? (b) Suponha o carro da polícia movendo-se a 60 km/h, no mesmo sentido do outro veículo. Qual é a diferença de frequência entre o sinal transmitido e o sinal refletido?

82 •• **APLICAÇÃO BIOLÓGICA, RICO EM CONTEXTO** Na moderna medicina, o efeito Doppler é usado rotineiramente para se medir a taxa e a orientação do fluxo sanguíneo nas artérias e veias. "Ultrasons" de alta frequência (sons de frequências acima da frequência audível pelos humanos) são tipicamente empregados. Suponha que você deve medir o fluxo sanguíneo de uma veia (localizada na perna de uma paciente mais idosa) que envia o sangue de volta para o coração. A existência de veias varicosas sugere que talvez as válvulas que controlam a orientação do fluxo podem não estar funcionando bem, o que pode provocar um refluxo do sangue de volta para os pés. Usando som de 50,0 kHz de frequência, você aponta a fonte sonora da parte superior da coxa para os pés, e mede a frequência do som refletido daquela área venosa como menor do que 50,0 kHz. (a) O seu diagnóstico sobre a condição das válvulas estava correto?

Caso afi  
instrum  
de rapic  
humanc

83 •  
dez  $u_i$   
e afasta d  
uma exp  
(1 - x)  
em com  
dada po

Onde  $u_i$

84 •  
pasão e  
poço de  
você se  
seu níve  
dentro  
quência

85 •

vento d  
de 800 F  
quência  
fício? (b

86 •

servado  
quência  
da pare  
buzina  
refletida

87 •

tro de u  
s após,  
era a di  
buzina

88 •

a 800 kn  
norte de  
tância e  
avião es

89 ••

minar a  
neta qu  
o mesm  
estrela s  
periodic  
mínimo  
tido pel  
movime

90

corda é  
x está e  
onda  $y(t)$   
do +x c  
sentido

91

em um  
cias má  
plano d

PRO

90

corda é

x está e

onda  $y(t)$

do +x c

sentido

91

em um

cias má

plano d