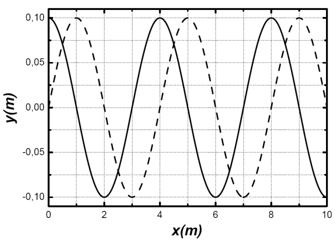
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Física para Engenharia II - 4320196
Lista de exercícios 2 - 2012

1. Tsunami! Em 26 de dezembro de 2004, um forte terremoto ocorreu na costa da Sumatra e provocou ondas imensas que mataram cerca de 200 mil pessoas. Os satélites que observavam essas ondas do espaço mediram 800 km de uma crista de onda para a seguinte, e um período entre ondas de 1h. Qual era a velocidade dessas ondas em m/s e km/h? A sua resposta ajuda você a entender por que as ondas causaram tamanha devastação?

R: 220m/s = 800km/h.

2. (Poli 2007) A figura abaixo mostra duas fotografias tiradas em instantes de tempo diferentes de uma corda na qual se propaga, no sentido positivo do eixo x, uma onda harmônica transversal $y(x,\, t)$. A primeira fotografia (linha cheia) foi tirada no instante de tempo $t = 0$ e a segunda fotografia (linha tracejada) no instante de tempo $t = 0,50\,\text{s}$.



(a) Determine a velocidade v de propagação da onda na corda;

(b) Determine a amplitude, o número de onda, a frequência angular a constante de fase e escreva a equação do perfil de onda $y(x,\, t)$;

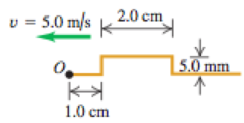
(c) Determine a velocidade transversal máxima, V_m, de um ponto da corda.

R: (a) $v = 2\,\text{m/s}$, (b) $A = 0,1\,\text{m}$, $k = 0,5\pi\,\text{m}^{-1}$, $\omega = \pi\,\text{s}^{-1}$, $\delta = 0$, $y(x,\, t) = 0,1\cos\left(\frac{\pi}{2}x - \pi t\right)$ m e (c) $V_m = 0,1\pi\,\text{m/s}$.

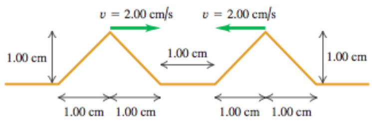
3. Reflexão. Um pulso ondulatório deslocando-se sobre uma corda para t = 0 possui as dimensões indicadas na figura. A velocidade da onda é igual a 5,0 m/s.

(a) Se o pondo O for uma extremidade fixa, desenhe a onda total sobre a corda para t = 1,0 ms, 2,0 ms, 3,0 ms, 4,0 ms, 5,0 ms, 6,0 ms e 7,0 ms;

(b) Repita o item (a) quando o ponto O for uma extremidade livre.



4. Dois pulsos ondulatórios triangulares estão se aproximando em uma corda esticada, como indicado na figura. Os dois pulsos são idênticos e se deslocam com velocidade igual a 2,0 cm/s. A distância entre as extremidades dianteiras dos pulsos é igual a 1,0 cm para t = 0. Desenhe a forma da corda para t = 0,250 s, t = 0,750 s, t = 1,000 s e t = 1,250 s.



5. A função de onda de uma onda harmônica numa corda é

$$y(x,\, t) = 0,001\,\text{sen}[62,8x + 314t]$$

onde as unidades utilizadas são o metro e o segundo.

(a) Em que direção a onda avança e qual a sua velocidade?

(b) Calcular o comprimento de onda, a frequência e o período da onda.

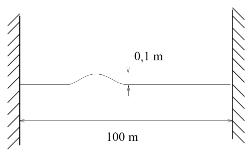
(c) Qual a aceleração máxima de um ponto da corda.

R: (a) A onda avança no sentido negativo do eixo x com velocidade $v = 5\,\text{m/s}$, (b) $\lambda = 10\,\text{cm}$, $T = 0,02\,\text{s}$ e $f = 50\,\text{Hz}$ e (c) $a_{max} = 98,6\,\text{m/s}^2$.

6. (Poli 2007) A figura mostra um pulso em uma corda de comprimento 100 m com as extremidades fixas. O pulso está se deslocando com velocidade de 40 m/s e é descrito pela seguinte função

$$y(x,\, t) = 0,1\text{e}^{-4(x-vt)^2},$$

onde x é dado em metros e t em segundos.



(a) Qual o valor de x, para o qual a velocidade transversal da corda é máxima, em $t = 0$?

(b) Qual a função que representa o pulso refletido, em um instante t logo após sua primeira reflexão?

(c) Se a massa da corda é 2 kg, qual a tensão T nesta?

(d) Escreva uma equação $y(x,\, t)$ que descreve numericamente uma onda senoidal, com $\lambda = 5\,\text{m}$ e mesma amplitude da onda anterior, se deslocando na direção negativa de x em uma corda muito longa, feita do mesmo material, com a mesma tensão acima, e tal que $y(0,\, 0) = 0$.

R: (a) $x = \frac{1}{2\sqrt{2}}\,\text{m}$, (b) $y(x,t) = -0,1\text{e}^{-4(x+vt)^2}$ m, (c) $T = 32\,\text{N}$ e (d) $y(x,\, t) = 0,1\,\text{sen}\left(\frac{2\pi}{5}x + 16\pi t\right)$ m.

7. (Poli 2010) O perfil de uma onda transversal progressiva em uma corda muito longa é dado, em unidades do sistema internacional por:

$$y(x,t) = 2,0 \times 10^{-2}\,\cos(2\pi(0,5x + 10t))$$

Sabendo que a tensão aplicada na corda é de 100 N, determine:

(a) a amplitude de vibração desta corda;

(b) o comprimento de onda e a frequencia (em Hz);

(c) o sentido e a velocidade de propagação da onda;

(d) a distância, ao longo da corda, entre dois pontos cuja diferença de fase é $\pi/6$;

R: (a) $A = 2,0 \times 10^{-2}$ m, (b) $f = 10$ Hz, (c) $v = 20$ m/s no sentido negativo do eixo x. (d) $x_2 - x_1 = \frac{1}{6} = 0,17$ m

8. Determine a amplitude da onda resultante da combinação de duas ondas senoidais que se propagam no mesmo sentido, possuem mesma frequência, têm amplitudes de $3,0\,\text{cm}$ e $4,0\,\text{cm}$, e a onda de maior amplitude está com a fase adiantada de $\frac{\pi}{2}$ rad.

R: $y(x,\, t) = 5,0\,\text{sen}(kx - \omega t + 0,93)$ cm.

9. Uma onda estacionária resulta da soma de duas ondas transversais progressivas dadas por:

$$y_1 = 0,05\cos(\pi x - 4\pi t),$$
$$y_2 = 0,05\cos(\pi x + 4\pi t),$$

onde x, y_1 e y_2 estão em metros e t em segundos.

(a) Qual é o menor valor positivo de x que corresponde a um nó?

(b) Em quais instantes no intervalo $0 \leq t \leq 0,5$ a partícula em $x = 0$ terá velocidade zero?

R: (a) $x = 0,5\,\text{m}$ e (b) $t = 0\,\text{s}$, $0,25\,\text{s}$ e $0,5\,\text{s}$.

10. (Poli 2010) Uma corda de comprimento L presa nas extremidades $x = 0$ e $x = L$, submetida a uma tensão de 96 N, oscila no terceiro harmônico de uma onda estacionária. O deslocamento transversal da corda é dado por

$$y(x,t) = 5\,sen\left(\frac{\pi}{2}x\right)\,sen\,(6\pi t)$$

onde x e y são dados em metros e t em segundos.

(a) Qual é o comprimento L da corda?

(b) Qual é a massa da corda?

(c) Calcule a velocidade transversal máxima de um ponto situado sobre um ventre da onda.

(d) Se a corda oscilar no quinto harmônico, qual será o período de oscilação?

R: (a) $L = 6$ m, (b) $m = 4,0$ kg, (c) $v_y^{max} = 30\pi$ m/s. (d) $T_5 = 0,2$ m.

11. Uma corda oscila de acordo com a equação

$$y(x,\, t) = \frac{1}{2}\,\text{sen}\left(\frac{\pi}{3}x\right)\cos(40\pi t),$$

onde as unidades utilizadas são o centímetro e o segundo.

(a) Quais são a amplitude e a velocidade escalar das ondas cuja superposição dá essa oscilação?

(b) Qual é a distância entre os nós?

(c) Qual é a velocidade escalar de uma partícula da corda na posição $x = 1,5\,\text{cm}$ quando $t = \frac{9}{8}\,\text{s}$?

R: (a) $A = 0,25\,\text{cm}$ e $v = 120\,\text{cm/s}$, (b) $D = 3\,\text{cm}$ e (c) $\frac{\partial y}{\partial t} = 0$.

12. (Poli 2006) Uma corda uniforme, de 20 m de comprimento e massa de 2 kg, está esticada sob uma tensão de 10 N. Faz-se oscilar transversalmente uma extremidade da corda, com amplitude de 3 cm e frequência de 5 oscilações por segundo. O deslocamento inicial da extremidade é de 1,5 cm para cima.

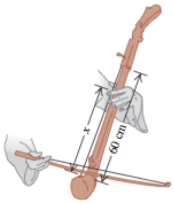
(a) Ache a velocidade de propagação v e o comprimento de onda λ da onda progressiva gerada na corda.

(b) Escreva, como função do tempo, o deslocamento transversal y de um ponto da corda situado à distância x da extremidade que se faz oscilar, após ser atingido pela onda e antes que ela chegue à outra extremidade.

(c) Calcule a intensidade I da onda progressiva gerada.

R: (a) $v = 10\,\mathrm{m/s}$, $\lambda = 2,0\,\mathrm{m}$, (b) $y(x,\, t) = 0,03\cos\left(\pi x - 10\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ m e (c) $I = \frac{9\pi^2}{200}$ W.

13. O segmento de uma corda de certo instrumento entre a ponte de apoio das cordas e a extremidade superior (a parte que vibra livremente) possui comprimento igual a 60,0 cm e massa igual a 2,0 g. Quando tocada, a corda emite um nota A_4 (440 Hz).



(a) Em que ponto o violoncelista deve colocar o dedo (ou seja, qual é a distância x entre o ponto e a ponte de apoio das cordas) para produzir uma nota D_5 (587 Hz)? Nas duas notas A_4 e D_5 a corda vibra no modo fundamental.

(b) Sem afinar novamente, é possível produzir uma nota G_4 (392 Hz) nessa corda? Justifique sua respota.

R: (a) 45cm, (b) não.

14. (Poli 2007) A corda de um violino tem uma densidade linear de massa de $0,5\,\mathrm{g/m}$ e está sujeita a uma tensão de 80 N, afinada para uma frequência $\nu = 660\,\mathrm{Hz}$ no primeiro harmônico.

(a) Qual a velocidade de propagação de onda nessa corda?

(b) Qual o comprimento da corda?

(c) Para tocar a nota "lá", cuja frequência é 880 Hz, prende-se a corda com um dedo, de forma a utilizar apenas uma fração f de seu comprimento. Qual o valor de f?

R: (a) $v = 400\,\mathrm{m/s}$, (b) $L = \frac{10}{33}$ m e (c) $f = \frac{3}{4}$.

15. Uma corda sob tensão T_i oscila no terceiro harmônico com uma frequência f_3, e as ondas na corda tem comprimento de onda λ_3. Se aumentarmos a tensão da corda para $T_f = 4T_i$ de forma que a corda continue a oscilar no terceiro harmônico, qual será:

(a) a frequência de oscilação em termos de f_3;

(b) o comprimento da onda em termos de λ_3?

R: (a) $f = 2f_3$ e (b) $\lambda = \lambda_3$.

16. Uma corda de 120 cm de comprimento é esticada entre suportes fixos. Quais são os três comprimentos de onda mais longos para ondas estacionárias nesta corda? Esboce as ondas estacionárias correspondentes. O que muda em relação aos três comprimentos de onda mais longos se esta mesma corda estiver fixa em apenas um suporte, de forma que a outra extremidade é presa em um anel sem peso que pode deslizar ao longo de uma haste sem atrito?

R: Corda fixa nas duas extremidades: $\lambda_1 = 2,40\,\mathrm{m}$, $\lambda_2 = 1,20\,\mathrm{m}$ e $\lambda_3 = 0,80\,\mathrm{m}$. Corda presa em uma extremidade: $\lambda_1 = 4,80\,\mathrm{m}$, $\lambda_2 = 1,60\,\mathrm{m}$ e $\lambda_3 = 0,96\,\mathrm{m}$.

17. Uma corda, submetida a uma tensão de 200 N e presa em ambas as extremidades, oscila no segundo harmônico de uma onda estacionária. O deslocamento da corda é dado por:

$$y(x,\, t) = \frac{1}{10}\,\mathrm{sen}\left(\frac{\pi x}{2}\right)\mathrm{sen}(12\pi t)$$

onde $x = 0$ numa das extremidades da corda, x é dado em metros e t em segundos.

(a) Qual é o comprimento da corda?

(b) Qual é a velocidade escalar das ondas na corda?

(c) Qual é a massa da corda?

(d) Se a corda oscilar num padrão de onda referente ao terceiro harmônico, qual será o período de oscilação?

R: (a) $L = 4\,\mathrm{m}$, (b) $v = 24\,\mathrm{m/s}$, (c) $m = 1,39\,\mathrm{kg}$ e (d) $T = 0,111\,\mathrm{s}$.

18. Duas ondas transversais de mesma frequência $\nu = 100\,\mathrm{s}^{-1}$ são produzidas num fio de aço de 1 mm de diâmetro e densidade $8\,\mathrm{g/cm^3}$, submetido a uma tensão $T = 500\,\mathrm{N}$. As ondas são dadas por

$$y_1(x,\, t) = A\cos\left(kx - \omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$y_2(x,\, t) = 2A\,\mathrm{sen}(\omega t - kx)$$

onde $A = 2\,\mathrm{mm}$.

(a) Escreva a expressão da onda harmônica progressiva resultante da superposição dessas duas ondas.

(b) Calcule a intensidade da onda resultante.

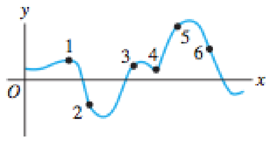
(c) Se fizermos variar a diferença de fase entre as duas ondas, qual é a razão entre os valores máximo e mínimo possíveis da intensidade da onda resultante?

R: (a) $y(x,\, t) = 5,29 \times 10^{-3}\cos(2,23\,x - 628\,t + 1,24)$, (b) $I = 9,8\,\mathrm{W}$ e (c) $\frac{I_{max}}{I_{min}} = 9$.

19. Formiga sem peso. Uma formiga de massa m está tranqüilamente em repouso sobre uma corda esticada horizontalmente. A corda possui densidade linear μ e está sob tensão F. Sem avisar, Tobias produz uma onda transversal senoidal com um comprimento de onda λ que se propaga na corda. O movimento da corda está contido em um plano vertical. Qual é a amplitude mínima da onda que faz a formiga ficar repentinamente com um peso aparentemente igual a zero? Suponha que a massa m seja tão pequena que a presença da formiga não altere a propagação da onda.

R: $g\lambda^2\mu/4\pi^2F$

20. Uma onda não senoidal. A forma de uma onda em uma corda em um instante específico é mostrada na figura. A onda está se deslocando para a direita, no sentido $+x$.



(a) Determine o sentido da velocidade transversal dos seis pontos assinalados sobre a curva. Quando a velocidade for nula, mencione este fato. Explique seu raciocínio.

(b) Determine o sentido da aceleração transversal dos seis pontos assinalados sobre a curva. Explique seu raciocínio.

(c) Como suas respostas deveriam ser alteradas se a onda está se deslocando para a esquerda, no sentido -x?

R: (a) 1, 0; 2, +; 3, -; 4, 0; 5, -; 6, + , (b) 1, -; 2, +; 3, -; 4, +; 5, -; 6, 0 e (c) (a): as respostas teriam o sinal contrário; (b): não haveria alteração.

21. Mostrar explicitamente que as seguintes funções são soluções da equação de onda:

(a) $y(x,\, t) = k(x + vt)$;

(b) $y(x,\, t) = A\mathrm{e}^{\mathrm{i}k(x-vt)}$, onde A e k são constantes e $\mathrm{i} = \sqrt{-1}$;

(c) $y(x,\, t) = \ln[k(x - vt)]$.

22. Ondas com formas arbitrárias.

(a) Explique a razão pela qual qualquer onda descrita por uma função da forma $y(x,t) = f(x - vt)$ se desloca no sentido $+x$ com velocidade v.

(b) Mostre que $y(x,t) = f(x - vt)$ satisfaz a equação de onda qualquer que seja a forma da função f. Para fazer isso, escreva $y(x,t) = f(u)$, onda $u = x - vt$. A seguir, para obter as derivadas parciais de $y(x,t)$, use a regra da cadeia:

$$\frac{\partial y(x,t)}{\partial t} = \frac{df(u)}{du}\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{df(u)}{du}(-v)$$
$$\frac{\partial y(x,t)}{\partial x} = \frac{df(u)}{du}\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{df(u)}{du}$$

(c) Um pulso ondulatório é dado por $y(x,t) = De^{(Bx-Ct)^2}$, onde B, C e D são constantes positivas. Qual é a velocidade dessa onda?

R: (c) C/B.

23. Onda longitudinal em uma mola. Molas muito compridas, tais como uma mola longa de brinquedo e as molas usadas em demonstrações de laboratório, podem servir para visualizar a propagação de uma onda longitudinal.

(a) Mostre que, se a constante da mola for k', a massa for m e o comprimento for igual a L, a velocidade de uma onda longitudinal na mola é dada por $v = L\sqrt{k'/m}$.

(b) Determine v para uma mola com m = 0,250 kg, L = 2,0 m e k' = 1,5N/m.

24. Desafinada. A corda B de uma guitarra feita de aço (densidade igual a 7800 kg/m^3) possui comprimento igual a 63,5 cm e diâmetro igual a 0,406 mm. A freqüência fundamental é f = 247 Hz.

(a) Ache a tensão na corda.

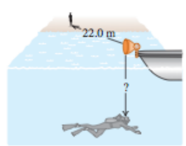
(b) Quando a tensão F varia de uma pequena quantidade ΔF, a freqüência f varia de uma pequena quantidade Δf. Mostre que

$$\frac{\Delta F}{F} = 2\frac{\Delta f}{f}$$

(c) A corda é afinada como no item (a) quando sua temperatura é igual a 18,5°C. Um uso contínuo excessivo pode fazer a temperatura da corda aumentar, alterando a freqüência de vibração. Obtenha Δf quando a temperatura da corda aumenta para 29,5°C. A corda de aço possui módulo de Young igual a 2,0×10^{11} Pa e um coeficiente de dilatação linear igual a 1,2×10^{-5} $(°C)^{-1}$. Suponha que a temperatura do corpo da guitarra permaneça constante. A altura do som aumenta ou diminui?

R: (a) 99,4 N (c) -4,25 Hz, diminui

25. Uma mergulhadora transportando uma scuba, que contém ar comprimido para a respiração, escuta um som proveniente da buzina de um barco que está diretamente sobre ela na superfície de um lago. No mesmo instante, um amigo que está nas margens do lago a uma distância de 22,0 m da buzina também ouve o som da buzina. A buzina está 1,2 m acima da superfície da água. Calcule a distância (indicada por "?") entre a buzina e a mergulhadora. A temperatura do ar e da água é de 20°C.



R: 90,8 m

26. Ondas sonoras estacionárias são produzidas em um tubo de comprimento igual a 1,20 m. Para o modo fundamental e os dois primeiros sobretons, determine a posição ao longo do tubo (medida a partir da extremidade da esquerda) dos nós de deslocamento e dos nós de pressão supondo que

(a) O tubo possui as duas extremidades abertas.

(b) A extremidade esquerda do tubo está fechada e a extremidade direita do tubo está aberta.

R: (a) *fundamental*: nó de deslocamento a 0,60 m, nós de pressão a 0 e 1,20 m; primeiro sobreton: nós de de deslocamento a 0,30m e 0,90m, nós de pressão a 0, 0,60 m e 1,20 m; segundo sobreton: nós de deslocamento a 0,20 m, 0,60 m e 1,00 m, nós de pressão a 0, 0,40 m, 0,80 m e 1,20 m (b) *fundamental*: nó de deslocamento a 0, nó de pressão a 1,20 m; primeiro sobreton: nós de deslocamento a 0,80 m, nós de pressão a 0,40 m e 1,20 m e segundo sobreton: nós de deslocamento a 0, 0,48m e 0,96 m, nós de pressão a 0,24m, 0,72m, 1,20m

27. Você aproxima um tubo fechado em uma das extremidades de comprimento ajustável de um fio esticado de 85 cm de comprimento e de massa igual a 7,25 g sob uma tensão de 4110 N. Você quer ajustar o comprimento do tubo de modo que, quando ele produzir som em sua freqüência fundamental, esse som faça o fio vibrar em seu segundo *sobreton* com uma amplitude bastante grande. Que comprimento deve ter o tubo?

R: 70 cm

28. Dois alto-falantes, A e B, são alimentados por um mesmo amplificador e emitem ondas senoidais em fase, utilize 344 m/s para a velocidade do som. A freqüência das ondas emitidas por cada um dos alto-falantes é de 172 Hz. Você está a 8 m do alto-falante A. Qual é a menor distância de B em que você deve ficar para estar em um ponto de interferência destrutiva?

R: 1 m

29. Dois tubos de órgão, abertos em uma extremidade e fechados na outra, medem cada um 1,14 m de comprimento. Um desses tubos é encomprido em 2 cm. Calcule a freqüência do batimento que eles produzem quando tocam juntos em sua freqüência fundamental.

R: 1,3 Hz

30. No planeta Arrakis, um pássaro macho voa no sentido da fêmea com velocidade de 25 m/s enquanto canta com uma freqüência de 1200 Hz. A fêmea está em repouso e ouve um tom com freqüência de 1240 Hz; qual é a velocidade do som na atmosfera do planeta Arrakis?
R: 780 m/s

31. Em um teste, um jato subsônico voa a uma altitude de 100 m. A intensidade do som no solo quando o jato passa exatamente acima de um detector é de 150 dB. A que altitude o jato precisa voar para que o ruído no solo não ultrapasse 120 dB, o limite da sensação dolorosa? **Sugestão:** Ignore o tempo necessário para o som alcançar o chão.

R: $3,16\,\text{km}$.

32. Um avião voa a $\frac{5}{4}$ da velocidade do som. A onda de choque alcança um homem no solo exatamente $\frac{1}{4}$ minuto depois de o avião ter passado sobre sua cabeça. Qual a altitude do avião? Considere a velocidade do som como sendo 330 m/s.

R: $8,25\,\text{km}$.

33. O cone das ondas de choque criado pelo ônibus espacial em um instante durante a sua reentrada na atmosfera forma um ângulo de 58° com a direção de seu movimento. A velocidade do som nessa altitude é 331 m/s.

(a) Qual é o número de Mach do ônibus espacial neste instante?

(b) Com que velocidade ela está se deslocando com relação à atmosfera?

(c) Qual seria o seu número de Mach e o ângulo do cone das ondas de choque se ela viajasse na mesma velocidade, mas em altitudes baixas, onde a velocidade do som é 344 m/s?

R: (a) 1,18 (b) 390 m/s (c) 1,13 e 62°

34. Um tipo de aço possui densidade igual a $7{,}8\times10^3\text{kg/m}^3$, e uma tensão de ruptura igual a $7\times10^8\text{N/m}^2$. Uma corda cilíndrica de uma guitarra deve ser fabricada usando-se 4 g desse aço. A corda deve poder resistir a uma tensão de 900 N sem se romper. Determine o comprimento máximo que a corda pode ter e seu raio mínimo. Determine também a freqüência fundamental mais alta possível das ondas estacionárias na corda, se toda a extensão da corda estiver livre para vibrar.

R: 45cm; 0,6mm; 353Hz

35. Medicina com ultra-som. Uma onda sonora de 2 MHz se propaga ao longo do ventre de uma mulher grávida, sendo refletida pela parede do coração do feto. A parede do coração se move no sentido do receptor do som quando o coração bate. O som refletido é a seguir misturado com o som transmitido, e 85 batimentos por segundo são detectados. A velocidade do som nos tecidos do corpo é 1500 m/s. Calcule a velocidade da parede do coração do feto no instante em que essa medida é realizada.

R: 3,18 cm/s

36. Um avião sobrevoa uma cidade a uma altitude de 3 km e a uma velocidade v igual a 1,35 vezes a velocidade do som. A temperatura do ar é de 303 K e o vento está num sentido oposto ao do avião e com velocidade de $10\,\mathrm{m/s}$.

(a) Qual é a velocidade do avião?

(b) Para um observador no solo, qual é o tempo decorrido entre ver o avião passar sobre sua cabeça e ouvi-lo?

Sugestão: Considere que a velocidade do som no ar é dada por $\sqrt{\frac{kRT}{M}}$, onde $k = 1,40$ é uma constante, $R = 8,314\,\mathrm{J/(mol.K)}$ é a constante universal dos gases e $M = 29 \times 10^{-3}\,\mathrm{kg/mol}$ é a massa molecular do ar.

R: (a) $471\,\mathrm{m/s}$ e (b) $5,92\,\mathrm{s}$.

37. (Poli 2007) Um trem-bala move-se com velocidade de $60\,\mathrm{m/s}$ para leste. O apito do trem emite um som com frequência $400\,\mathrm{Hz}$. Considere a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera como $340\,\mathrm{m/s}$.

(a) Determine a frequência do som do apito que uma pessoa na estação ouve ao observar o trem partir.

(b) Considere agora a presença de vento soprando para oeste com velocidade $10\,\mathrm{m/s}$. Determine a frequência que a pessoa na estação irá detectar.

(c) Considere agora que o trem move-se em uma trajetória circular. Qual a frequência do som percebida por alguém no centro da circunferência descrita pelo trem?

R: (a) $f_S = 340\,\mathrm{Hz}$, (b) $f_P = 341\,\mathrm{Hz}$ e (c) $f_c = 400\,\mathrm{Hz}$.

38. Dois diapasões idênticos podem oscilar a $440\,\mathrm{Hz}$. Um indivíduo está localizado em algum lugar na linha entre os dois diapasões. Considerando que a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera é $330\,\mathrm{m/s}$ calcule a frequência de batimentos captada por esse indivíduo se:

(a) ele permanece parado e os diapasões se movem para a direita com velocidade de $30\,\mathrm{m/s}$, e

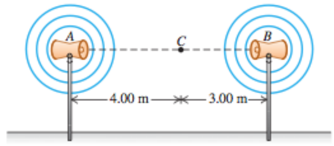
(b) os diapasões estiverem parados e o indivíduo se movendo para a direita com velocidade de $30\,\mathrm{m/s}$.

R: (a) $80,7\,\mathrm{Hz}$ e (b) $80,0\,\mathrm{Hz}$.

39. Um morcego voa dentro de uma caverna, orientando-se efetivamente por meio de bips ultra-sônicos (emissões curtas de alta frequência com duração de um milissegundo). Suponha que a frequência da emissão do som pelo morcego seja de $39,2\,\mathrm{kHz}$. Durante uma arremetida veloz, diretamente contra a superfície plana de uma parede o morcego desloca-se a $8,58\,\mathrm{m/s}$. Considerando que a velocidade do som no referencial de repouso da atmosfera é $330\,\mathrm{m/s}$ calcule a frequência do som, refletido pela parede, que chega aos ouvidos do pobre morcego.

R: $41,3\,\mathrm{kHz}$.

40. Dois alto-falante, A e B, emitem sons uniformemente no ar, em todas as direções, a $20°\mathrm{C}$. A potência acústica emitida por A é igual a $8 \times 10^{-4}\mathrm{W}$, e a potência de B é igual a $6 \times 10^{-5}\mathrm{W}$. Os dois alto-falantes estão vibrando em fase com freqüência igual a 172 Hz.



(a) Determine a diferença de fase entre os dois sinais em um ponto C ao longo da reta que une A e B, a 3 m de B e 4 de A.

(b) Determine a intensidade e o nível da intensidade sonora no ponto C devido ao alto-falante A quando o alto falante B é desligado, bem com a intensidade e o nível da intensidade sonora devido ao alto-falante B quando o alto-falante A é desligado.

(c) Quando os dois alto-falantes estão ligados, calcule a intensidade e o nível da intensidade sonora no ponto C.

R: (a) π (b) Fonte A: $3{,}9\times10^{-6}\mathrm{W/m^2}$; 66dB. Fonte B: $5{,}3\times10^{-7}\mathrm{W/m^2}$; 57dB. (c) $1{,}5\times10^{-6}\mathrm{W/m^2}$; 62dB.

41. (Poli 2010) Um submarino (Sub A), navegando a uma velocidade $V_A = 30$ m/s, envia um sinal de sonar (onda sonora na água) com frequência $f_A = 980$ Hz. O sinal é refletido pelo casco de um submarino inimigo (Sub B) que viaja com velocidade V_B na direção oposta (vide figura). Considere a velocidade do som na água como sendo $v_s = 1500$ m/s e despreze quaisquer efeitos de interferência.

(a) Se a frequência do sinal medido pelo submarino B é $f_B = 1020Hz$, qual a velocidade V_B?

(b) Qual a frequência f_A^r do sinal refletido, medida pelo submarino A?

Considere que o submarino B seja dotado de um sistema de contra-medidas que (1) suprime completamente a reflexão do sinal enviado pelo Sub A, (2) altera a velocidade do submarino para $V_B' = 15\mathrm{m/s}$, e (3) envia um outro sinal de sonar (sinal ”falso”) com frequência $f_B' = 1000$ Hz, com o intuito de confundir o inimigo.

(c) Nesse caso, qual será a frequência do sinal ”falso” f_A' medida pelo Submarino A?

(d) Se os engenheiros do submarino A forem de fato enganados e pensarem que esse sinal é a reflexão do sinal original, que valor obterão para a velocidade (e direção) do submarino B?

R: (a) 30m/s (b) 1061Hz (c) 1030Hz (d) 7,3m/s