

**Perguntas:**

1. A figura 1a mostra um instantâneo de uma onda que se propaga no sentido positivo de  $x$  em uma corda sob tensão. Quatro elementos da corda são indicados por letras. Para cada um desses elementos determine se, no momento do instantâneo, o elemento está se movendo para cima, para baixo ou está momentaneamente em repouso. A figura 1b mostra o deslocamento em função do tempo de um elemento da corda situado, digamos em  $x = 0$ . Nos instantes indicados por letras o elemento está se movendo para cima, para baixo ou está momentaneamente em repouso?

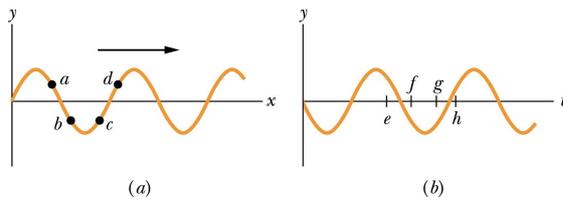


Figura 1: Pergunta 1

2. As três ondas a seguir são produzidas em três cordas com a mesma massa específica linear ( $x$  em metros e  $t$  em segundos). Ordene as ondas de acordo (a) com a velocidade, (b) com a tensão na corda, em ordem crescente:

$$(1) \quad y_1 = (3 \text{ mm}) \text{ sen}(x - 3t),$$

$$(2) \quad y_2 = (6 \text{ mm}) \text{ sen}(2x - t),$$

$$(3) \quad y_3 = (1 \text{ mm}) \text{ sen}(4x - t),$$

3. Se você começa com duas ondas senoidais de mesma amplitude que se propagam em fase em uma corda e desloca a fase de uma delas de  $5,4$  comprimentos de onda, que tipo de interferência ocorre na corda?
4. Duas ondas  $A$  e  $B$  possuem o mesmo comprimento e a mesma massa específica linear, mas a corda  $B$  está submetida a uma tensão maior que a corda  $A$ . A figura 2 mostra quatro situações, de (a) a (d), nas quais existem ondas estacionárias nas duas cordas. Em quais situações existe a possibilidade das cordas  $A$  e

$B$  estarem oscilando com a mesma frequência de ressonância?

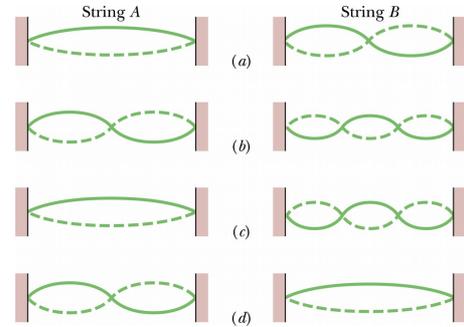


Figura 2: Pergunta 4

5. Quatro das seis frequências dos harmônicos abaixo de  $1000$  Hz de um certo tubo sonoro são  $300$ ,  $600$ ,  $750$  e  $900$  Hz. Quais são as duas frequências que estão faltando na lista?

**Problemas**

1. Uma onda possui uma frequência angular de  $110$  rad/s e um comprimento de onda de  $1,8$  m. Calcule (a) o número de onda e (b) a velocidade da onda.
2. Uma onda senoidal se propaga em uma corda. O tempo necessário para que um certo ponto da corda se mova do deslocamento máximo até zero é  $0,170$  s. O comprimento de onda é  $1,4$  m. Quais são (a) o período e (b) a frequência da onda? (c) Qual é a velocidade da onda?
3. Uma *ola* é uma onda, criada pela torcida, que se propaga em estádios durante eventos esportivos (figura 3). Quando a onda chega a um grupo de espectadores eles ficam em pé com os braços levantados e depois tornam a se sentar. Em qualquer instante a largura  $w$  da onda é a distância entre a borda dianteira (as pessoas que estão começando a se levantar) e a borda traseira (as pessoas que estão começando a se sentar). Suponha que a *ola* percorre uma distância de  $853$  assentos de um estádio em

39 s e que os espectadores levam, em média, 1,8 s para responder à passagem da onda levantando e voltando a se sentar. Determine (a) a velocidade  $v$  da onda (em assentos por segundo) e (b) a largura  $w$  da onda (em número de assentos).

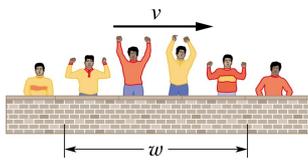


Figura 3: Problema 3

4. A tensão em um fio preso nas duas extremidades é duplicada sem que o comprimento do fio sofra uma variação apreciável. Qual é a razão entre a nova e a antiga velocidade das ondas transversais que se propagam no fio?
5. Qual é a velocidade de uma onda transversal em uma corda de 2 m de comprimento e 60 g de massa sujeita a uma tensão de 500 N?
6. Uma onda transversal senoidal se propaga em uma corda no sentido negativo do eixo  $x$ . A figura 4 mostra um gráfico do deslocamento em função da posição no instante  $t = 0$ ; a escala do eixo  $y$  é definida por  $y_s = 4,0$  cm. A tensão da corda é 3,6 N e a massa específica linear é 25 g/m. Determine (a) a amplitude, (b) o comprimento de onda, (c) a velocidade da onda e (d) o período da onda. (e) Determine a velocidade transversal máxima de uma partícula da corda. Se a onda é da forma  $y(x,t) = y_m \text{sen}(\kappa x \pm \omega t + \phi)$ , determine (f)  $\kappa$ , (g)  $\omega$ , (h)  $\phi$  e (i) o sinal que precede  $\omega$ .

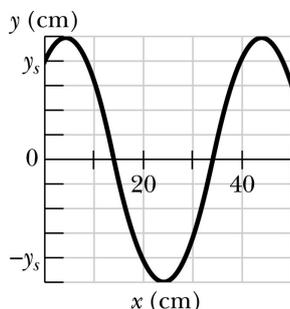


Figura 4: Problema 6

7. Duas ondas progressivas iguais que se propagam no mesmo sentido, estão defasadas de  $\pi/2$  rad. Qual é a amplitude da onda resultante em termos da amplitude comum  $y_m$  das duas ondas?

8. Uma corda com 125 cm de comprimento tem uma massa 2 g e uma tensão de 7 N. (a) Qual é a velocidade de uma onda nessa corda? (b) Qual é a frequência de ressonância mais baixa desta corda?
9. Uma corda fixa nas duas extremidades tem 8,4 m de comprimento, massa de 120 g e uma tensão de 96,0 N. (a) Qual é a velocidade das ondas na corda? (b) Qual é o maior comprimento de onda possível para uma onda estacionária na corda? (c) Determine a frequência dessa onda?
10. Uma das frequências harmônicas de uma certa corda sob tensão é 325 Hz. A frequência seguinte é 390 Hz. Qual é a frequência harmônica que se segue à de 195 Hz?
11. Uma corda de náilon de um violão possui uma densidade linear de 7,20 g/m e está sujeita a uma tensão de 150 N. Os suportes prendedores estão separados por  $D = 90,0$  cm. A corda está oscilando no padrão de onda estacionária mostrado na Figura 5. Calcule (a) a velocidade, (b) o comprimento de onda e (c) a frequência das ondas progressivas cuja superposição origina esta onda estacionária.

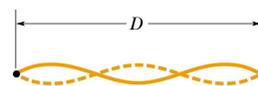


Figura 5: Problema 11.

**Ondas sonoras:**

12. Qual é o módulo de elasticidade volumétrico do oxigênio se 32 g de oxigênio ocupam 22,4 L e a velocidade do som no oxigênio é 317 m/s ?
13. Uma pedra é jogada em um poço. O som produzido pela pedra ao se chocar com a água é ouvido 3s depois. Qual é a profundidade do poço?
14. Os terremotos geram ondas sonoras no interior da Terra. Ao contrário de um gás, a Terra pode transmitir tanto ondas transversais (S) como ondas longitudinais (P). A velocidade das ondas S é da ordem de 4,5 km/s e a das ondas P é da ordem de 8,0

- km/s. Um sismógrafo registra as ondas P e S de um terremoto. As primeiras ondas P chegam 3,0 ms antes das primeiras ondas S. Se as ondas se propagam em linha reta, a que distância ocorreu o terremoto?
15. A pressão de uma onda sonora progressiva é dada pela equação  $\Delta P = (1,5 \text{ Pa}) \sin\{\pi[(0,9 \text{ m}^{-1})x - (315 \text{ s}^{-1})t] + \phi\}$ . Determine (a) a amplitude, (b) a frequência, (c) o comprimento de onda e (d) a velocidade da onda.
16. Se a forma de uma onda sonora que se propaga no ar é  $s(x,t) = (6 \text{ nm}) \cos[\kappa x + (3000 \text{ rad/s})t + \phi]$ , quanto tempo uma molécula de ar no caminho da onda leva para se mover entre os deslocamentos  $s = 2 \text{ nm}$  e  $s = -2 \text{ nm}$ ?
17. Duas ondas sonoras, produzidas por duas fontes diferentes de mesma frequência, 540 Hz, se propagam na mesma direção e no mesmo sentido a 330 m/s. As fontes estão em fase. Qual é a diferença de fase das ondas em um ponto que está a 4,4 m de uma fonte e 4 m da outra?
18. Uma fonte emite ondas sonoras isotropicamente. A intensidade das ondas a 2,50 m da fonte é  $1,91 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$ . Supondo que a energia da onda é conservada, encontre a potência da fonte.
19. Aumenta-se o nível sonoro de uma certa fonte sonora por 30,0 dB. De que múltiplo aumenta (a) a sua intensidade e (b) a sua amplitude de pressão?
20. Considere uma das cordas de um violino com massa de 800 mg e comprimento de 22,0 cm. (a) Encontre a velocidade das ondas, se a frequência fundamental é 920 Hz. (b) Qual é a tensão na corda? Para o modo fundamental, qual é o comprimento de onda (c) das ondas na corda e (d) das ondas sonoras emitidas pela corda?
21. Um ambulância cuja sirene emite um som com uma frequência de 1600 Hz passa por um ciclista que está a 2,44 m/s. Depois de ser ultrapassado, o ciclista escuta uma frequência de 1590 Hz. Qual é a velocidade da ambulância?
22. Um avião a jato passa sobre um pedestre a uma altitude de 5000 m e a uma velocidade de Mach 1,5. (a) Determine o ângulo de cone de Mach (a velocidade do som é 331 m/s). (b) Quanto tempo após o avião ter passado diretamente acima do pedestre ele é atingido pela onda de choque?

### Respostas

#### Perguntas:

- a, para cima; b, para cima; c, para baixo; d, para baixo; e, para baixo; f, para baixo; g, para cima; h, para cima.
- (a) 3, 2, 1 ; (b) 3, 2, 1
- intermediária (próximo a uma interferência totalmente destrutiva)
- d

#### Problemas:

- (a) 3,49 rad/m ; (b) 31,5 m/s.
- (a) 0,680 s ; (b) 1,47 Hz ; (c) 2,06 m/s.
- (a) 22 assentos/s ; (b) 39 assentos.
- $\sqrt{2}$ .
- 129 m/s.
- (a) 5,0 cm ; (b) 40 cm ; (c) 12 m/s  
(d) 0,033 s ; (e) 9,4 m/s ; (f) 15,7 rad/m  
(g) 188,5 rad/s ; (h) 0,93 rad ; (i) sinal positivo.
- 1,41  $y_m$
- (a) 66,1 m/s ; (b) 26,4 Hz.
- (a) 81,9 m/s ; (b) 16,8 m ; (c) 4,88 Hz.
- 260 Hz
- (a) 144,3 m/s ; (b) 60,0 cm ; (c) 240,5 Hz.
- 0,144 MPa
- 40,7 m
- $1,85 \times 10^3 \text{ km}$ .
- (a) 1,50 Pa ; (b) 158 Hz ; (c) 2,22 m ; (d) 350 m/s.
- 0,23 ms
- 4,12 rad
- 15,0 mW ; 19. (a) 1000 ; (b) 32.
- (a) 405 m/s ; (b) 596 N ; (c) 44,0 cm ; (d) 37,3 cm.
- 4,61 m/s ; 21. (a) 41,81° ; (b) 11,3 s.