

Lista de Exercícios - ONDAS I

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 instante, 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?

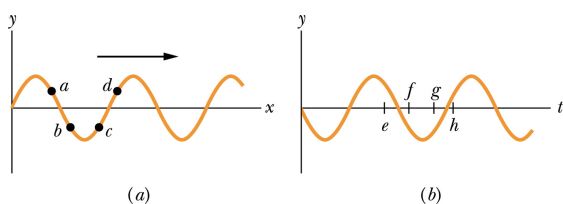


Figura 1: Pergunta 1

2. A Figura 2 mostra três ondas que são produzidas *separadamente* em uma corda que está esticada ao longo do eixo x e submetida a uma certa tensão. Ordene as ondas de acordo com (a) o comprimento de onda, (b) as velocidades e (c) a frequência angular, em ordem decrescente.

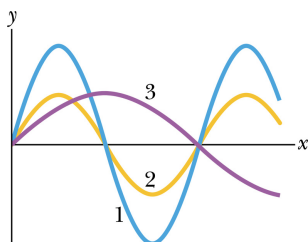


Figura 2: Pergunta 2

3. As quatro ondas a seguir são produzidas em quatro 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 decrescente:

$$\begin{aligned} (1)y_1 &= (3\text{mm}) \sin(x - 3t), \\ (2)y_2 &= (6\text{mm}) \sin(2x - t), \\ (3)y_3 &= (1\text{mm}) \sin(4x - t), \\ (4)y_4 &= (2\text{mm}) \sin(x - 2t), \end{aligned}$$

4. Na figura 3 a onda 1 é formada por um pulso retangular com 4 unidades de altura e largura d e um vale retangular com 2 unidades de profundidade e largura d . A onda se propaga para a direita ao longo de um eixo x . As opções 2, 3 e 4 são ondas semelhantes, com a mesma altura, mesma largura e profundidade, que se propagam para a esquerda no mesmo eixo, passando pela onda 1. A onda 1, que se propaga para a direita, e uma das ondas que se propagam para a esquerda interferem ao passar uma pela outra. Com qual das ondas que se propagam para a esquerda a interferência produz, momentaneamente, (a) o vale mais profundo, (b) uma linha reta e (c) um pulso retangular com $2d$ de largura?

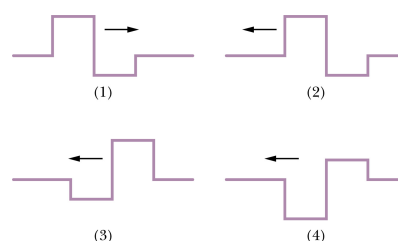


Figura 3: Pergunta 4

5. 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?
6. Duas ondas A e B possuem o mesmo comprimento e a mesma massa específica linear, mas a corda B está submetida e uma tensão maior que a corda A . A figura

4 mostra quatro situações, de (a) e (d), nas quais existem ondas estacionárias nas duas cordas. Em que situações existem a possibilidade de que as cordas A e B estejam oscilando com a mesma frequência de ressonância

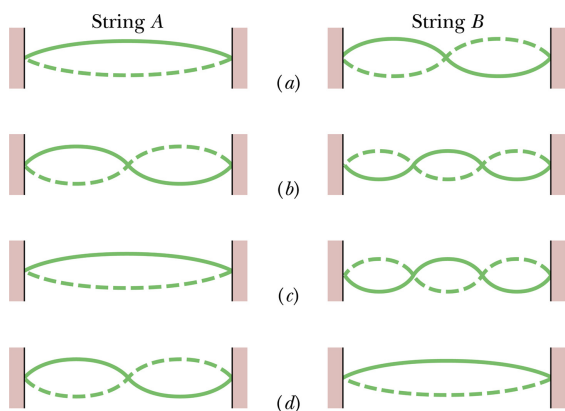


Figura 4: Pergunta 6

Problemas

1. Uma onda possui uma frequência angular de 110 rad/s e um comprimento de onda de $1,8 \text{ m}$. 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 $0,170 \text{ s}$. Quais são (a) o período e (b) a frequência da onda? (c) O comprimento de onda é $1,4 \text{ m}$; Qual é a velocidade da onda?
3. Uma *ola* é uma onda, criada pela torcida, que se propaga em estádios durante eventos esportivos (figura 5). Quando a onda chega a um grupo de espectadores eles ficam de 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, $1,8 \text{ s}$ para responder à passagem da onda levantando-se 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).

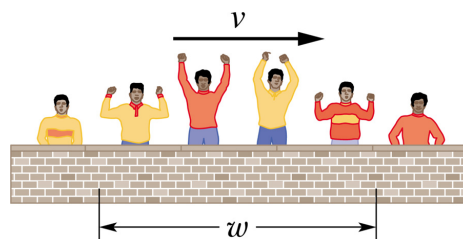


Figura 5: Problemas 3

4. A figura 6 mostra a velocidade transversal u em função do tempo t para o ponto de uma corda situado em $x = 0$, quando uma onda passa por ele. A escala do eixo vertical é definida por $u_s = 4 \text{ m/s}$. A onda tem a forma $y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t + \phi)$. Qual é o valor de ϕ ? (Atenção : As calculadoras nem sempre fornecem o valor correto de uma função trigonométrica inversa; por isso, verifique se o valor obtido para ϕ é o valor correto, substituindo-o na função $y(x, t)$, usando um valor numérico qualquer para ω e plotando a função assim obtida.)

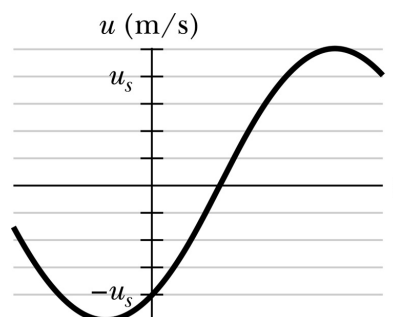


Figura 6: Problema 4

5. Um onda senoidal de 500 Hz se propaga em uma corda a 350 m/s . (a) Qual é a distância entre dois pontos da corda cuja diferença de fase é $\pi/3 \text{ rad}$? (a) Qual é a diferença de fase entre dois deslocamentos que um ponto da corda que acontecem com um intervalo de 1 ms ?
6. 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?

7. 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?
8. A corda mais pesada e a corda mais leve de um violino têm uma massa específica linear de 3,0 e 0,29 g/cm³, respectivamente. Qual é a razão entre o diâmetro da corda mais leve e a corda mais pesada, supondo que as cordas são feitas do mesmo material?
9. Uma onda transversal senoidal se propaga em uma corda no sentido negativo do eixo x . A figura 7 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 25g/m. Determine (a) a amplitude, (b) o comprimento de onda, (c) a velocidade da onda. (e) Determine a velocidade transversal máxima de uma partícula da corda. Se a onda é da forma $y(x, t) = y_m \sin(kx \pm \omega t + \phi)$, determine (f) k , (g) ω , (h) ϕ e (i) o sinal que precede ω .

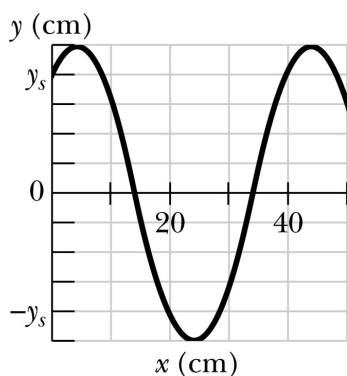


Figura 7: Problema 9

10. Um fio de 100 g é mantido sob uma tensão de 250 N com uma extremidade em $x = 0$ e a outra em $x = 10$ m. No instante $t = 0$ o pulso 1 começa a se propagar no fio a partir do ponto $x = 10$ m. No instante $t = 30$ ms o pulso 2 começa a se propagar no fio a partir do ponto $x = 0$. Em que ponto x os pulsos começam e se superpor?
11. Um corda na qual ondas podem se propagar tem 2,7 m de comprimento e 260 g

de massa. A tensão na corda é 36 N. Qual deve ser a frequência de ondas progressivas com uma amplitude de 7,7 mm para que a potência média seja 85,0 W?

12. 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?
13. Que diferença de fase entre duas ondas iguais, a não ser pela constante de fase que se propagam no mesmo sentido em uma corda esticada, produz uma onda resultante de amplitude 1,5 vez a amplitude das duas ondas? Expresse a resposta (a) em graus, (b) em radiano e (c) em comprimento de onda.
14. Duas ondas senoidais com a mesma amplitude de 9 mm e o mesmo comprimento de onda se propagam em uma corda de que está esticada ao longo de um eixo x . A onda resultante é mostrada duas vezes na figura 8, antes e depois que o vale A se desloque de uma distância $d = 56$ cm em 8 ms. A distância entre as marcas do eixo horizontal é 10 cm; $H = 8$ mm. Suponha que a equação de uma das ondas é da forma $y(x, t) = y_m \sin(kx \pm \omega t + \phi_1)$. Onde $\phi_1 = 0$ e é preciso determinar o sinal que precede ω . Na equação da outra onda, determine (a) y_m , (b) k , (c) ω , (d) ϕ_2 e (e) o sinal que precede ω .

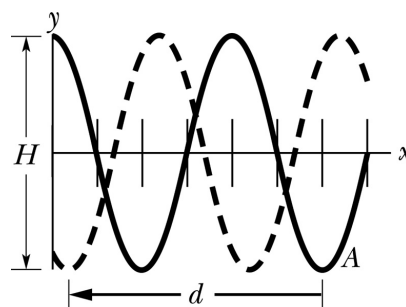


Figura 8: Problema 14

15. 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?

16. Quais são (a) a menor frequência (b) a segunda menor frequência mais baixa e (c) a terceira menor frequência das ondas estacionárias em um fio com 10 m de comprimento, 100 g de massa e uma tensão de 250 N?

17. Uma corda fixa nas duas extremidades tem 8,4 m de comprimento, uma massa de 0,120 kg e uma tensão de 96 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?

18. Um corda que está esticada entre suportes fixos separados por uma distância de 75 cm possui frequências de ressonância de 420 Hz e 325 Hz, com nenhuma outra frequência de ressonância entre esses dois valores. Determine (a) a frequência de ressonância mais baixa e (b) a velocidade da onda?

19. 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?

20. Uma onda estacionária em uma corda é descrita por $y(x,t) = 0,04[\sin(5\pi x)][\cos(40\pi t)]$, onde x e y estão em metros e t em segundos. Para $x \geq 0$, qual é a localização do nó com (a) o menor, (b) o segundo menor e (c) o terceiro menor valor de x ? (d) Qual é o período do movimento oscilatório de qualquer ponto (que não seja um nó)? Quais são (e) a velocidade e (f) as amplitudes das duas ondas progressivas que interferem para produzir esta onda? Para $t \geq 0$, quais são (g) o primeiro, (h) o segundo e (i) o terceiro instante em que todos os pontos da corda possuem velocidade transversal nula?

21. 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 9. Calcule (a) a velocidade, (b) o comprimento de onda e (c) a frequência das ondas progressivas cuja superposição origina esta onda estacionária.

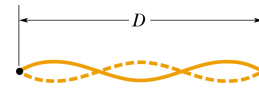


Figura 9: Problema 21.

Respostas:

Perguntas:

1. a, para cima; b, para cima; c, para baixo; d, para baixo; e, para baixo; f, para baixo; g, para cima; h, para cima
2. (a) 3, então 1 e 2 iguais; (b) todos iguais; (c) 1 e 2 iguais, então 3
3. (a) 1, 4, 2, 3; (b) 1, 4, 2, 3
4. (a) 4; (b) 4; (c) 3
5. intermediária (próximo a interferência totalmente destrutiva)
6. d

Problemas:

1. (a) 3,49 m⁻¹; (b) 31,5 m/s.
2. (a) 0,68 s; (b) 1,47 Hz; (c) 2,06 m/s.
3. (a) 22 assentos/s; (b) 39 assentos.
4. -0,64 rad ou 5,64 rad.
5. (a) 11,7 cm; (b) π rad.
6. $\sqrt{2}$.
7. 129 m/s.
8. 3, 2.
9. (a) 5,0 cm; (b) 40 cm; (c) 12 m/s; (d) 0,033 s; (e) 9,4 m/s; (f) 16 m⁻¹; (g) $1,9 \times 10^2$ s⁻¹; (h) 0,93 rad; (i) sinal positivo.
10. 2,63 m.
11. 198 Hz.

12. $1,4y_m$
13. (a) $82,8^\circ$; (b) $1,45 \text{ rad}$; (c) $0,23$ comprimentos de onda
14. (a) $9,0 \text{ mm}$; (b) 16 m^{-1} ; (c) $1,1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$; (d) $2,7 \text{ rad}$; (e) sinal negativo.
15. (a) $66,1 \text{ m/s}$; (b) $26,4 \text{ Hz}$.
16. $7,91 \text{ Hz}$; (b) $15,8 \text{ Hz}$; (c) $23,7 \text{ Hz}$.
17. (a) $82,0 \text{ m/s}$; (b) $16,8 \text{ m}$; (c) $4,88 \text{ Hz}$.
18. (a) 105 Hz ; (b) 158 m/s .
19. 260 Hz
20. (a) 0 ; (b) $0,20 \text{ m}$; (c) $0,40 \text{ m}$; (d); 50 ms ; (e) $8,0 \text{ m/s}$; (f) $0,020 \text{ m}$; (g) 0 ; (h) 25 ms ; (i) 50 ms .
21. (a) 144 m/s ; (b) $60,0 \text{ cm}$; (c) 240 Hz .