

Lista de Exercícios de Física II : Ondas Mecânicas

1) Ondas sonoras são ondas longitudinais que se propagam no ar. A velocidade do som depende da temperatura; a 20 °C é igual a 344 m/s. Qual o comprimento de onda de uma onda sonora no ar a 20 °C sabendo que a frequência é $f = 262$ Hz (uma frequência aproximadamente igual à do C médio do piano)?

Resp: 1,31 m.

2) Uma criança está brincando com a corda do seu varal de roupas. Ele desamarra uma das extremidades da corda, mantém esticada e faz essa extremidade oscilar para cima e para baixo com uma amplitude de 0,075 m e uma frequência de 2,0 Hz. A velocidade da onda é $v = 12,0$ m/s. No instante $t = 0$ a extremidade possui um deslocamento positivo máximo e está em repouso. Suponha que nenhuma onda seja refletida na extremidade afastada para perturbar a configuração. (a) Ache a amplitude, a frequência angular, o período, o comprimento de onda e o número de onda desta onda. (b) Escreva uma função de onda que descreva a onda. Admita o sentido de +x como o sentido em que a onda se propaga.

Resp: (a) $y_0 = 0,075$ m; $\omega = 4\pi$ rad/s; $T = 0,5$ s; $\lambda = 6$ m e $k = \frac{\pi}{3}$ m⁻¹

$$(b) \quad y(x,t) = 0,075 \cos\left(\frac{\pi}{3}x - 4\pi t\right)$$

3) Uma das extremidades de uma corda de náilon está presa a um suporte fixo no topo de um poço vertical de uma mina com profundidade igual a 80 m. A corda fica esticada pela ação do peso de uma caixa de minérios com massa igual a 20 kg presa na extremidade inferior da corda. A massa da corda é igual a 2 kg. Um geólogo no fundo da mina, balançando a corda lateralmente, envia um sinal para o seu colega que está no topo da mina. (a) Qual é a velocidade da onda que se propaga na corda? (b) Sabendo que um ponto da corda executa um MHS com frequência igual a 2 Hz, qual é o comprimento de onda da onda?

Resp: (a) $v = 88,5$ m/s e (b) $\lambda = 44,3$ m

4) **Tsunami!** Em 26 de dezembro de 2004, um forte terremoto ocorreu na costa da Sumatra e provocou ondas imensas (tsunami) que mataram cerca de 200 mil pessoas. Os satélites observavam que essas ondas do espaço mediram 800 km de uma crista (pico) de onda para a seguinte, e um período entre as ondas de 1 hora. Qual era a velocidade dessas ondas em m/s e Km/h?

Resp: 222 m/s e 800 km/h

5) A luz visível. A luz é uma onda, não uma onda mecânica, mas eletromagnética. As grandezas que oscilam são campo elétricos e magnéticos. A luz visível para os seres humanos possui comprimentos de onda entre 400 nm (violeta) e 700 nm (vermelho), e toda luz se propaga no vácuo à velocidade de 3×10^8 m/s. (a) Quais são os limites da frequência e o período da luz visível? (b) Seria possível medir a duração de uma única vibração de luz com um cronômetro?

Resp: (a) $4,29 \times 10^{14}$ Hz < f < $7,5 \times 10^{14}$ Hz; $1,3 \times 10^{-15}$ s < T < $2,3 \times 10^{-15}$ s (b) O período é extremamente pequeno e não poderia ser medido com um cronômetro.

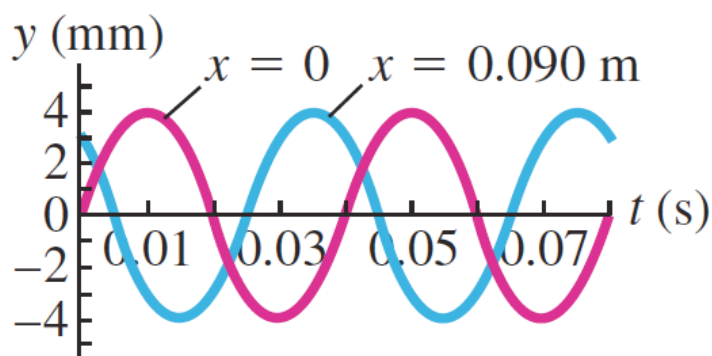
6) Uma certa onda transversal é descrita por

$$y(x,t) = (6,5 \times 10^{-3}) \cos \left[2\pi \left(\frac{x}{28 \times 10^{-2}} - \frac{t}{0,0360} \right) \right]$$

sendo x e y dados em metros e t em segundos. Determine para esta onda (a) a amplitude; (b) o comprimento de onda; (c) a frequência; (d) a velocidade de propagação; (e) a direção de propagação.

Resp: (a) $y_0 = 6,5 \times 10^{-3}$ m ; (b) $\lambda = 28 \times 10^{-2}$ m ; (c) $f = 27,8$ Hz ; (d) $v = 7,78$ m/s e (e) a onda se propaga no sentido de x positivo.

7) Uma onda senoidal propaga-se ao longo de uma corda esticada sobre o eixo Ox. O deslocamento da corda em função do tempo é indicado na figura abaixo para partículas nos pontos $x = 0$ e $x = 0,0900$ m. (a) Qual é a amplitude da onda? (b) Qual é o período da onda? A distância entre os pontos $x = 0$ e $x = 0,0900$ m é menor do que o comprimento de onda. (c) Determine a velocidade de propagação quando ela se propaga no sentido +x. (d) Determine a velocidade de propagação para a onda agora se propagando no sentido -x.



Resp: (a) $y_0 = 4 \times 10^{-3}$ m ; (b) $T = 0,040$ s ; (c) $v = 3,5$ m/s ; (d) $v = 6,0$ m/s .

8) Com que tensão uma corda de comprimento igual a 2,5 m e massa de 0,120 kg deve ser esticada para que uma onda transversal com frequência de 40 Hz possua um comprimento de onda igual a 0,750 m?

Resp: 43,2 N.

8) Uma das extremidades de um fio é presa a um dos ramos de um diapasão eletricamente excitado com frequência igual a 120 Hz. A outra extremidade passa sobre uma polia e suporta um objeto com massa igual a 1,5 kg. A densidade linear do fio é igual a 0,0550 Kg/m. (a) Qual a velocidade de propagação de uma onda transversal na corda? (b) Qual é o comprimento de onda?

Resp.: (a) 16,3 m/s; (b) 0,136 m.

9) Uma corda de 1,5 m e de peso igual 1,25 N está amarrada ao teto pela sua extremidade superior, e a inferior sustenta um peso P. Quando a corda é puxada suavemente, as ondas que se deslocam para cima obedecem a equação $y(x,t) = 8,5 \times 10^{-3} \cos(172x - 2730t)$, sendo x e y dado em metros e t em segundos. (a) Quanto tempo leva para um pulso percorrer toda a extensão da corda? (b) Qual o peso P?

Resp.: (a) 0,0943 s; (b) 21,5 N

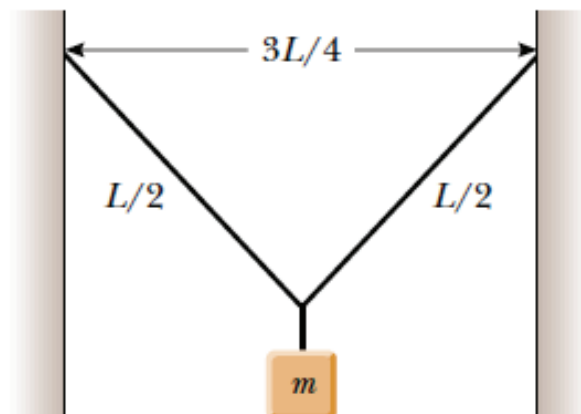
10) Um oscilador harmônico simples no ponto $x = 0$ gera uma onda em uma corda. O oscilador opera em uma frequência de 40 Hz e com amplitude de 3 cm. A corda possui uma densidade linear de 50 g/m e está esticada a uma tensão de 5 N. (a) Determine a velocidade da onda e (b) o comprimento de onda. Suponha que o oscilador tenha seu deslocamento máximo para cima no tempo $t = 0$. (c) Escreva a função dessa onda. (d) Calcule a aceleração transversal máxima.

Resp: (a) $v = 10 \text{ m/s}$; (b) $\lambda = 0,25 \text{ m}$; (c) $y(x,t) = 3 \times 10^{-2} \cos(8\pi x - 80\pi t)$; (d) $a_{t,\max} = 192\pi^2 \text{ m/s}^2$.

11) Três fios, cada um de comprimento L, são ligados em série por meio de suas extremidades formando um fio de comprimento igual a 3L. As densidades lineares dos três fios são, respectivamente, $\mu_1, \mu_2 = 4\mu_1$ e $\mu_3 = \mu_1/4$. Se o fio combinado está sob tensão F, quanto tempo leva uma onda transversal para percorrer o comprimento total 3L?

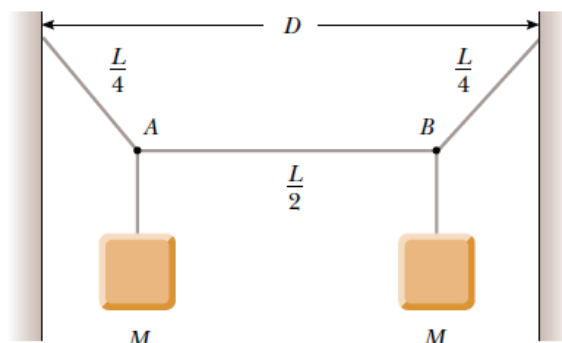
Resp.: $t_{\text{total}} = \frac{7}{2} L \sqrt{\frac{\mu_1}{F}}$

12) Uma corda leve com massa por unidade de comprimento de 8 g/m tem suas extremidades ligadas a duas paredes separadas por uma distância igual a três quartos do comprimento da corda (veja figura). Um corpo de massa m está suspenso no centro da corda criando tensão nela. Encontre uma expressão para a velocidade da onda transversal na corda em função da massa suspensa.



Resp.: $v = 30,43\sqrt{m}$

13) Uma corda de massa m e comprimento L possui suas extremidades presas entre duas paredes separadas por uma distância D . Dois objetos de massa M cada, são suspensos na corda conforme ilustra a figura. Se um pulso é enviado do ponto A, quanto tempo ele leva para alcançar o ponto B?



Resp.: $t = \sqrt{\frac{mL \tan(\theta)}{4Mg}}$

14) Um segmento de 6 m de uma longa corda tem massa 180 g. Uma fotografia de alta velocidade mostra que o segmento contém quatro ciclos completos de uma onda. A corda está vibrando sinusoidalmente com frequência de 50 Hz com uma amplitude de 7,5 cm. Determine a função de onda que descreve essa onda que se propaga no sentido positivo de x .

Resp: $y(x,t) = 7,5 \times 10^{-2} \sin(4,19x - 314,2t)$

15) Um corda de um instrumento musical é mantida sob a tensão T e se estende do ponto $x = 0$ ao ponto $x = L$. A corda é enrolada envolta de um fio de tal maneira que a sua massa por unidade de comprimento $\mu(x)$ aumenta linearmente de μ_0 em $x = 0$ para μ_L em $x = L$. (a) Encontre uma expressão para $\mu(x)$ em função de x no intervalo $0 \leq x \leq L$. (b) Determine o tempo necessário para um pulso transversal se deslocar ao longo do comprimento da corda.

Resp: (a) $\mu(x) = \frac{(\mu_L - \mu_0)}{L}x + \mu_0$; (b) $t = \frac{2L}{3\sqrt{T}(\mu_L - \mu_0)}(\mu_L^{3/2} - \mu_0^{3/2})$

16) Uma viga irregular de 1750 N está pendurada horizontalmente por suas extremidades em um teto por dois fios verticais (A e B), cada um com 1,25 m de comprimento e pesando 2,5 N. O centro de gravidade dessa viga está a um terço da viga a partir da extremidade em que o fio A está amarrado. Se você puxar ambas as cordas ao mesmo tempo, qual é a velocidade de propagação do pulso em cada fio?

Resp: $v_A = 75,6 \text{ m/s}$ e $v_B = 3,5 \text{ m/s}$

Exercícios retirados das referências:

1. Física II, Termodinâmica e Ondas, Sears, Zemansky, Young e Freedman, 12ª Edição, Pearson. (exe. 1-11 e 16)
2. Physics for Scientists and Engineers, R. Serway and J. H. Jewett, 6ª Edition, Brooks Cole. (exe. 12-15)

FÍSICA II - ONDAS

① $v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = v \cdot T$

$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = 0,0038$

$\lambda = 344 \cdot 0,0038 \Rightarrow \boxed{\lambda = 1,31 \text{ m}}$

② ⑥ $A = 0,075 \text{ m}$ AMPLITUDE

$\omega = 2\pi f$

$\omega = 2\pi \cdot 2 \Rightarrow \omega = 4\pi \text{ RAD/s}$ VELOCIDADE ANGULAR

$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = 0,5 \text{ s}$ PERÍODO

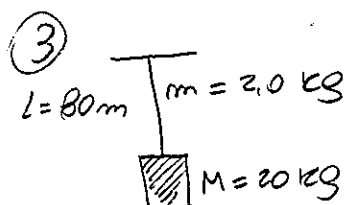
$\lambda = v \cdot T \Rightarrow \lambda = 6 \text{ m}$ COMPRIMENTO DE ONDA

$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{6} \Rightarrow k = \frac{\pi}{3} \text{ m}^{-1}$ NÚMERO DE ONDAS

⑦ $y = A \cos(kx - \omega t)$

COS PQ A ONDA SE PROPAGA EM X+

$y = 0,075 \cos\left(\frac{\pi}{3}x - 4\pi t\right)$



$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

$v = \sqrt{\frac{196}{0,025}} \Rightarrow \boxed{v = 88,5 \text{ m/s}}$ VELOCIDADE DE PROPAGACÃO

$\Sigma F_y = M \cdot a$

$F = 20 \cdot 9,8$

$\boxed{F = 196 \text{ N}}$

$\mu = \frac{m}{L}$

$\mu = \frac{2}{80}$

$\boxed{\mu = 0,025}$

$\lambda = v \cdot T$

$\boxed{\lambda = 44,3 \text{ m}}$ COMPRIMENTO DE ONDA

④ $v = \frac{\lambda}{T}$

$v = \frac{800}{1} = \boxed{800 \text{ km/h}}$

$\text{km/h} \rightarrow \text{m/s}$
 $\div 3,6$

$\frac{800}{3,6} = \boxed{222 \text{ m/s}}$

⑤ $\lambda = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{f} \quad f = T^{-1}$

⑥

P/ 400 mm

$T = \frac{400 \times 10^{-9}}{3 \times 10^8} = 1,333 \times 10^{-15} \text{ s}$

$f = 7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

P/ 700 mm

$T = \frac{700 \times 10^{-9}}{3 \times 10^8} = 2,333 \times 10^{-15} \text{ s}$

$f = 4,29 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$4,29 \times 10^{14} \text{ Hz} < f < 7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

⑦

$1,33 \times 10^{-15} < T < 2,33 \times 10^{-15} \text{ s}$

PERÍODO MUITO PEQUENO
NÃO PARA MEDIR COM
CRONÔMETRO

$$6) y(x,t) = (6,5 \times 10^{-3}) \cos \left[2\pi \left(\frac{x}{28 \times 10^{-2}} - \frac{t}{0,0360} \right) \right]$$

$$a) A = 6,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$b) k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad k = \frac{2\pi}{28 \times 10^{-2}}$$

$$\lambda = 28 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$c) \omega = 2\pi f$$

$$\frac{2\pi}{0,0360} = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{1}{0,0360} \quad \therefore f = 27,8 \text{ Hz}$$

$$d) v = \frac{\lambda}{T} \quad T = 0,0360 \text{ s}$$

$$v = \frac{28 \times 10^{-2}}{0,0360} \Rightarrow v = 7,78 \text{ m/s}$$

e) A função cosseno indica que a onda se propaga na direção $x_{\text{==}}$. O sinal negativo indica uma onda progressiva.

7)

$$\textcircled{7} \quad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0,120}{2,5} \Rightarrow \mu = 0,048$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,750}{\frac{1}{40}} \Rightarrow v = 30 \text{ m/s}$$

$$30^2 \cdot 0,048 = F$$

$$\boxed{F = 43,2 \text{ N}}$$

$$\textcircled{8} \quad \mu = 0,05$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = 1,5 \cdot 9,8 \Rightarrow F = 14,7 \text{ N}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \boxed{v = 16,3 \text{ m/s}}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = v \cdot T \quad T = \frac{1}{120}$$

$$\boxed{\lambda = 0,136 \text{ m}}$$

$$\textcircled{9} \quad t = \frac{1,5}{v}$$

$$v = \frac{w}{k}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$v = \frac{2730}{172} = 15,87$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0,13}{4,5} = 0,0288$$

$$t = \frac{1,5}{15,9} \Rightarrow \boxed{t = 0,0943 \text{ s}}$$

$$v^2 \cdot \mu = F \Rightarrow \boxed{F = 21,8 \text{ N}}$$

(10) a) $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{5}{0,05}} \therefore \boxed{v = 10 \text{ m/s}}$

b) $v = \frac{\lambda}{T} \quad T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = 0,025 \text{ s}$

$\lambda = v \cdot T \Rightarrow \lambda = 10 \cdot 0,025 \therefore \boxed{\lambda = 0,25 \text{ m}}$

c) $y = A \cos(kx - \omega t)$

$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow k = 8\pi$

$\omega = 2\pi f \Rightarrow \omega = 80\pi$

$A = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$

$y = 3 \times 10^{-2} \cos(8\pi x - 80\pi t)$

d) $a_y = \frac{dv}{dt}$

$v_y = -80\pi \cdot 3 \times 10^{-2} \sin(8\pi x - 80\pi t)$

$a_y = -80\pi \cdot 80\pi \cdot 3 \times 10^{-2} \cos(8\pi x - 80\pi t)$

$a_y = -192\pi^2 \cos(8\pi x - 80\pi t)$

Logo $\boxed{a_{y_{\text{max}}} = 192\pi^2 \text{ m/s}^2}$

(11) $t_{\text{TOTAL}} = t_1 + t_2 + t_3 \quad \therefore t = \frac{X}{v}$

$v_1 = \sqrt{\frac{F}{\mu_0}} \quad t_1 = \frac{L}{\sqrt{\frac{F}{\mu_0}}} \Rightarrow t_1^2 = \frac{L^2 \mu_0}{F} \therefore t_1 = L \sqrt{\frac{\mu_0}{F}}$

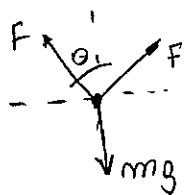
$v_2 = \sqrt{\frac{F}{4\mu_0}} \quad t_2 = \frac{L}{\sqrt{\frac{F}{4\mu_0}}} \Rightarrow t_2^2 = \frac{L^2 4\mu_0}{F} \therefore t_2 = 2L \sqrt{\frac{\mu_0}{F}}$

$v_3 = \sqrt{\frac{4F}{\mu_0}} \quad t_3 = \frac{L}{\sqrt{\frac{4F}{\mu_0}}} \Rightarrow t_3^2 = \frac{L^2 \mu_0}{4F} \therefore t_3 = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{\mu_0}{F}}$

$t_{\text{TOTAL}} = L \sqrt{\frac{\mu_0}{F}} + 2L \sqrt{\frac{\mu_0}{F}} + \frac{L}{2} \sqrt{\frac{\mu_0}{F}} \Rightarrow t_{\text{TOTAL}} = \left(L + 2L + \frac{L}{2} \right) \sqrt{\frac{\mu_0}{F}}$

$t_{\text{TOTAL}} = \frac{7L}{2} \sqrt{\frac{\mu_0}{F}}$

(12)



$2F \cos \theta = mg$

$\cos \theta = \frac{\sqrt{7}L}{\frac{\theta}{2}} = \frac{2\sqrt{7}}{\theta}$

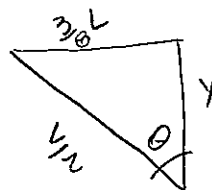
$2F \cos \theta = m \cdot a$

$2F \frac{\sqrt{7}}{4} = m \cdot 9,8$

$F = \frac{m \cdot 19,6}{\sqrt{7}} \Rightarrow F = 7,41 m$

$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \therefore v = \sqrt{\frac{7,41 m}{0,008}}$

$v = 30,43 \sqrt{m} \text{ m/s}$



$\left(\frac{L}{2}\right)^2 = \left(\frac{3L}{8}\right)^2 + y^2$

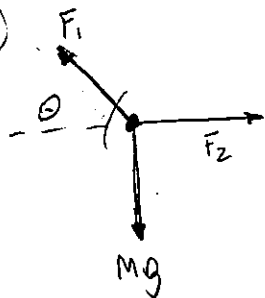
$\frac{L^2}{4} = \frac{9L^2}{64} + y^2$

$y^2 = \frac{L^2}{4} - \frac{9L^2}{64}$

$y^2 = \frac{16L^2 - 9L^2}{64}$

$y = \frac{\sqrt{7}L}{8}$

(13)



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_2 - F_1 \cos \theta = 0 \Rightarrow F_2 = F_1 \cos \theta$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_1 \sin \theta = Mg \Rightarrow F_1 = \frac{Mg}{\sin \theta}$$

$$F_2 = \frac{Mg}{\sin \theta} \cdot \cos \theta$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{Mg \cos \theta}{\sin \theta \cdot \frac{m}{L}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{L Mg \cos \theta}{m \sin \theta}}$$

$$t = \frac{x}{v} \Rightarrow t = \frac{L}{v}$$

$$\sqrt{\frac{L Mg \cos \theta}{m \sin \theta}}$$

$$t^2 = \frac{L^2}{4} \cdot \frac{m \sin \theta}{Mg \cos \theta \cdot L}$$

$$t = \sqrt{\frac{mL \tan \theta}{4Mg}}$$

(14)

$$\omega = 2\pi f$$

$$A = 7,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\omega = 314,16$$

$$T = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ s}$$

$$4\lambda = 6 \Rightarrow \lambda = 1,5 \text{ m}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow k = 4,19 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$y(x,t) = 7,5 \times 10^{-2} \sin(4,19x - 314,16t)$$

(15)

16

$$1750 \cdot \frac{1}{3} = 583,33 //$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{0,255}{1,25}$$

$$V_B = \sqrt{\frac{583,33}{0,204}} = 53,4 \text{ m/s} //$$

$$\boxed{\mu = 0,204}$$

$$1750 \cdot \frac{2}{3} = 1166,66 //$$

$$V_A = \sqrt{\frac{1166,66}{0,204}} = 75,6 \text{ m/s} //$$