

Instituto de Física Universidade de São Paulo

Física II - 4302112 Lista de exercícios - Ondulatória

19 de setembro de 2016

1. Ao mover um barco num lago tranquilo, produzem-se na água ondas superficiais. O barco efetua 12 oscilações em 20 segundos, e cada oscilação produz uma crista. Para que uma crista chegue à margem situada a 12 m do barco, são necessários 6 s. (a) Calcule o comprimento de onda das ondas superficiais. (b) Escreva a expressão para as ondas superficiais admitindo-se que a onda em $t=0$ se encontra na posição de equilíbrio e tem uma amplitude de 0.5 m.

2. Dada a onda $y = 2\text{sen}[2\pi(x/2 - 10t)]$, com t em segundos e x em metros. (a) represente graficamente y num intervalo de vários comprimentos de onda para $t = 0$ e $t = 0.025$ s. (b) Repita o problema para $y = 2\text{sen}[2\pi(x - 10t)]$ e compare os resultados.

3. Uma corda está atada por uma extremidade a um ponto fixo. A outra extremidade passa por uma roldana que se encontra a 5 m da extremidade fixa, e segura uma carga de 2 kg. A massa do segmento de corda entre a extremidade fixa e a roldana é de 0.6 kg. (a) Determine a velocidade de propagação das ondas transversais ao longo da corda. (b) Suponha que uma onda harmônica de 10^{-3} m de amplitude e 0.3 m de comprimento de onda se propaga pela corda; calcule a velocidade transversal máxima de qualquer ponto da corda. (c) Escreva a equação de onda. (d) Determine a taxa média de fluxo de energia (potência média) através de qualquer seção da corda.

4. O som do apito de uma locomotiva é de 500 Hz. Determine a frequência do som ouvido por uma pessoa que se encontra na estação, se o trem se desloca com velocidade de 72 km/h (a) para a estação e (b) afastando-se dela. Suponha que a velocidade do som no ar é de 340 m/s.

5. Um trem se aproxima de um túnel com velocidade $v=72$ km/h, e o apito da locomotiva produz

um som com frequência de 500 Hz. As ondas sonoras são refletidas na parede da montanha e voltam em direção ao trem. Qual a frequência do som refletido observado por um passageiro do trem?

5b. No problema anterior, qual a frequência de batimentos da onda formada pela interferência das ondas incidente e refletida?

6. Dois trens, A e B, apitam simultaneamente com a mesma frequência de 392 Hz. O trem A está em repouso, e o B se desloca para a direita (se afastando de A) com velocidade igual a 35,0 m/s. Um ouvinte está entre os dois apitos e se desloca para a direita com velocidade de 15,0 m/s. Não existe vento. (1,25) (a) Qual é a frequência que o ouvinte escuta do apito A? (1,25) (b) Qual é a frequência que ele escuta de B?

7. Uma fonte de som tem frequência de 10^3 Hz e se desloca a 30 m/s em relação ao ar. Supondo que a velocidade do som em relação ao ar em repouso é de 340 m/s, determine o comprimento de onda e a frequência efetivas registradas por um observador em repouso e que vê a fonte (a) afastando-se, (b) aproximando-se.

8. Repita o problema anterior supondo que a fonte está em repouso em relação ao ar, e que o observado se move com velocidade de 30 m/s. Com base nos dois resultados, pode concluir que não tem importância saber qual dos dois, observador ou fonte, está em movimento?

9. Um pulso ondulatório produzido numa corda tem a forma dada por

$$y(x, t) = \frac{A^3}{A^2 + (x - vt)^2}, \quad (1)$$

onde $A = 1,00$ cm e $v = 20,0$ m/s. (0,5) (a) Faça um desenho do pulso ondulatório em função de x

para $t = 0$. Até que ponto ao longo da corda o pulso se estende? (0,5) (b) Faça um desenho do pulso para $t = 0,001$ s. (0,5) (c) No ponto $x = 4,50$ cm, para que tempo t o deslocamento é máximo, e para quais valores de t esse deslocamento é a metade do valor máximo? (1,0) (d) Mostre que a função acima é uma função de onda.

10. A corda de uma guitarra de comprimento L é puxada de tal modo que a onda resultante é a soma do modo de vibração fundamental com o segundo harmônico, isto é,

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t), \quad (2)$$

onde

$$\begin{aligned} y_1(x, t) &= C \cos(\omega_1 t) \sin(k_1 x) \\ y_2(x, t) &= C \cos(\omega_2 t) \sin(k_2 x). \end{aligned} \quad (3)$$

com $\omega_1 = vk_1$ e $\omega_2 = vk_2$. (0,5) (a) Para que valores de x ocorrem os nós de y_1 ? (0,5) (b) E os de y_2 ? (0,5) (c) Num mesmo gráfico, esboce a forma da onda resultante para $t = 0$; $t = 1/f_1$, $t = 1/(4f_1)$, $t = 1/(2f_1)$. (1,0) (d) A soma das duas ondas produz uma onda estacionária? Explique.

11. Duas cordas de violino idênticas, quando estão em ressonância e esticadas com a mesma tensão, possuem uma frequência fundamental igual a 440,0 Hz. Uma das cordas é novamente afinada ajustando sua tensão. Quando isto é feito, ouvimos 1,5 batimentos por segundo ao puxarmos as cordas simultaneamente. (1,0)(a) Quais são as possíveis frequências fundamentais da corda afinada novamente? (b) Qual foi a variação estacionária da tensão na corda quando ela foi: (0,75) i) aumentada; (0,75) ii) diminuída?

12. Num cristal, os átomos são separados por distâncias d e se encontram alinhados na horizontal e na vertical. Quando iluminados por raios X de comprimento de onda λ , os átomos de cada camada podem refletir as ondas incidentes. Considerando apenas dois átomos localizados um na primeira camada horizontal e o outro na segunda camada horizontal, determine a equação que relaciona a distância D entre o primeiro e o segundo pontos de interferência máxima observados sobre um anteparo localizado à distância L do cristal. Desenvolva toda a dedução indicando claramente cada hipótese ou aproximação feita na dedução. A resposta deve ser dada em função apenas das grandezas indicadas no problema.

13. Uma fonte sonora emite ondas com frequência f_o que se propagam no ar com velocidade v num referencial onde não há vento. (a) Determine a frequência da onda percebida por um observador que se aproxima da fonte com velocidade u , enquanto a fonte permanece parada no referencial adotado. (b) Se o observador está parado nesse referencial e a fonte se aproxima do observador com velocidade u' , qual será a frequência percebida pelo observador? (c) Em princípio, a Transformação de Galileu permite passar de um referencial ao outro, de modo que aplicando-se esta transformação no resultado de (a) poderíamos obter o resultado de (b). Mostre que neste caso a Transformação de Galileu não pode ser aplicada, e justifique.

14. Um barco (A) se aproxima do porto se movendo do norte para o sul a uma velocidade de 35 km/h em relação ao porto. No mesmo instante outro barco (B) se afasta de oeste para leste a 40 km/h. Os dois apitam simultaneamente, sendo que a frequência do apito é de 900 Hz para os dois barcos. Um observador no porto observa que o ar está parado (não há vento) naquele momento. Quais as frequências de A e B quando observadas pelo observador no porto e pelo observador no outro barco?

15. Considere um tubo cilíndrico de comprimento L . Escreva as condições de contorno para que um grupo de ondas sonoras ressonância nesse tubo; em outras palavras, determine as condições de contorno para que uma onda estacionária se propague nesse tubo. Considere: (a) as duas extremidades do tubo fechadas; (b) as duas extremidades abertas; (c) uma das extremidades aberta e a outra fechada.

16. Coloca-se um diapasão na extremidade aberta de um tubo cilíndrico de altura $h_o=80$ cm. A frequência do diapasão é $f_o=500$ Hz. Começamos a introduzir água, lentamente, no interior do tubo. Determine os níveis de água para os quais ocorrerá ressonâncias.

17. Numa experiência feita com um diapasão e um tubo contendo água, verificou-se que a distância entre dois nós consecutivos na ressonância sonora era igual a 18 cm. Sabendo-se que a frequência do diapasão é de 917 Hz, calcular: (a) o comprimento de onda; (b) a velocidade do som. O tubo tem comprimento de 80 cm.

18. Um avião a jato está voando a Mach 2 (o dobro da velocidade do som). (a) Qual o ângulo de abertura do cone de Mach? (b) 2,5 segundos depois de o avião ter passado diretamente acima de uma casa, esta é atingida pela onda de choque causada pelo avião, o que provoca um estrondo. Considerando que a velocidade do som é de 340 m/s no ar, determine a altura do avião em relação à casa.