

PUC-RIO — CB-CTC
 FIS 1041 - FLUIDOS E TERMODINÂMICA
 G2 – 14/05/2012 - com respostas

Ondas em geral: $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$, $u = \partial y / \partial t$

$$y(x,t) = y_{\max} \cos(kx \pm \omega t + \phi) = y_{\max} \sin(kx \pm \omega t + \phi')$$

Ondas na corda: $P_{\text{ot.média}} = \frac{1}{2} \mu v \omega^2 y_{\max}^2$ $v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$

Ondas sonoras: $\Delta p(x,t) = -B \frac{\partial s(x,t)}{\partial x}$, $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$

$I = P_{\text{ot.média}} / \text{Área}$; $I = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 s_{\max}^2$; $\beta = 10 \text{ dB} \log (I / I_0)$; $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$f' = f_0 \frac{v \pm v_{\text{obs}}}{v \pm v_{\text{fonte}}}$ *batimentos* $\omega_b = |\omega_1 - \omega_2|$ ou $f_b = |f_1 - f_2|$

Relações trigonométricas:

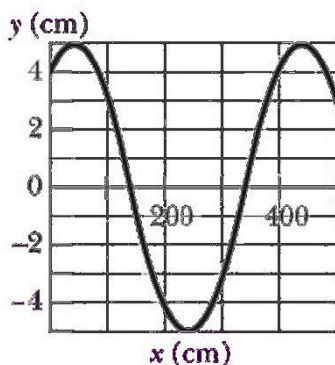
$\sin(A) + \sin(B) = 2 \sin[\frac{1}{2}(A+B)] \cos[\frac{1}{2}(A-B)]$; $\sin(A) - \sin(B) = 2 \sin[\frac{1}{2}(A-B)] \cos[\frac{1}{2}(A+B)]$

$\cos(A) + \cos(B) = 2 \cos[\frac{1}{2}(A+B)] \cos[\frac{1}{2}(A-B)]$; $\cos(A) - \cos(B) = -2 \sin[\frac{1}{2}(A+B)] \sin[\frac{1}{2}(A-B)]$

Dados: área do círculo = πr^2 ; área da superfície esférica = $4 \pi r^2$; volume da esfera = $\frac{4}{3} \pi r^3$

1ª Questão – (3,0 pontos)

Uma onda transversal senoidal se propaga em uma corda no sentido negativo do eixo x. A Figura abaixo mostra o deslocamento em função da posição no instante $t = 0$. A tensão na corda é 3,6 N e a massa específica linear 25 g/m. Assuma que a onda é da forma $y(x,t) = y_m \sin(kx \pm \omega t + \phi)$.



a) Determine a amplitude e o comprimento de onda. **(0,6)**

Do gráfico: $y_m = 5,0 \text{ cm}$ e $\lambda = 400 \text{ cm}$.

b) Encontre a velocidade da onda, o período e o sinal que precede ω . **(0,9)**

$v = 12 \text{ m/s}$; $T = 0,33 \text{ s}$

O sinal + precede ω (sentido de propagação negativo).

c) Determine a velocidade transversal máxima de uma partícula da corda. **(0,5)**

$u_m = 0,94 \text{ m/s}$

d) Determine a constante de fase (ϕ). **(0,5)**

$\phi = 0,93 \text{ rad} = 53^\circ$

e) Calcule a taxa média de transporte de energia. **(0,5)**

$\langle P \rangle = 0,133 \text{ W}$

2ª Questão – (3,5 pontos)

(A) Uma corda com 8,0 m de comprimento está sujeita a uma tensão de 100 N. Ela tem suas extremidades fixas e oscila em um padrão de vibrações (ondas estacionárias) resultante da superposição das ondas abaixo:

$$y_1(x,t) = 0,20 \cos(\pi x/4 - 5\pi t)$$

$$y_2(x,t) = -0,20 \cos(\pi x/4 + 5\pi t) \quad (\text{sendo } x, y_1 \text{ e } y_2 \text{ em metros e } t \text{ em segundos})$$

- a) Use o Princípio de Superposição de Ondas para obter a função da onda estacionária (ou vibração estacionária) nessa corda. **(0,7)**

$$y(x,t) = 0,40 \sin(\pi x/4) \sin(5\pi t) \quad (\text{sendo } x \text{ e } y \text{ em metros e } t \text{ em segundos})$$

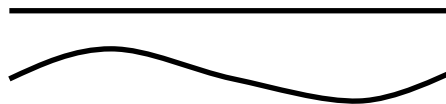
- b) A que modo normal (n) corresponde a vibração dessa corda? Qual é o número total de nós, incluindo os extremos. **(0,7)**

Total de nós = 3.

- c) Desenhe o formato da corda (y versus x) para $t = 0$ s (considere as extremidades da corda em $x = 0$ e $x = 8,0$ m). Faça o mesmo para $t = 0,1$ s. **(0,7)**

$$y(x;0) = 0$$

$$y(0;0,1s) = 0,40m \sin(\pi x/4)$$



- d) Determine o comprimento de onda (λ), a frequência (f) e a velocidade da onda (v), vibrando no modo fundamental. **(0,7)**

Modo fundamental, $L = \lambda/2 \rightarrow \lambda = 16 \text{ m}$;

Como a tração e a densidade linear de massa não mudaram, a velocidade é a mesma
 $v = \omega/k = 20 \text{ m/s}$; $f = 1,25 \text{ Hz}$

(B) O deslocamento das partículas em uma onda sonora que se propaga no ar, cuja densidade é $1,2 \text{ kg/m}^3$, é dado pela função

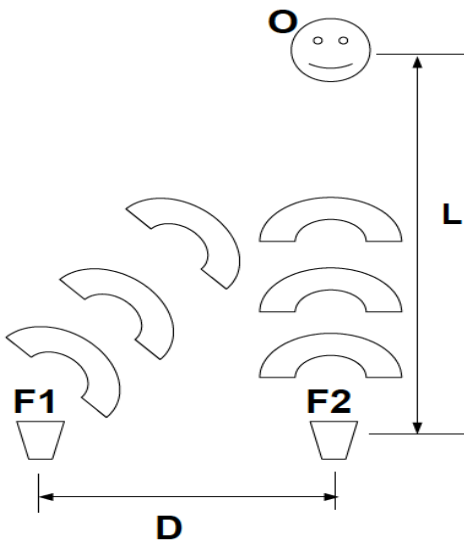
$$s(x,t) = 5,0 \times 10^{-6} \sin(0,40\pi x - 136\pi t), \text{ onde } x \text{ é medido em metros e } t \text{ em segundos.}$$

- (e) Através de cálculos adequados, obtenha a função de onda da variação da pressão (Δp) em função de x e t, não esquecendo as unidades. **(0,7)**

$$\Delta p(x,t) = -0,87 \cos(0,40\pi x - 136\pi t) \quad (\text{Pa ou } N/m^2)$$

3ª Questão – (3,5 pontos)

A. Na figura abaixo, duas fontes sonoras F_1 e F_2 , separadas por uma distância $D=3,0$ metros, estão em fase e emitem ondas isotropicamente com potências $P_1 = 2,5 \pi \text{ W}$ e $P_2 = 1,6 \pi \text{ W}$, respectivamente. Um ouvinte O se encontra a uma distância $L = 4,0$ metros da fonte F_2 , como mostra a figura. Considere a velocidade do som no ar igual a 340 m/s .



- a) Calcule as intensidades e os níveis sonoros detectados pelo ouvinte O , devidos a cada uma das fontes F_1 e F_2 , separadamente. **(1,0)**

$$I_1 = 0,025 \text{ W / m}^2$$

$$I_2 = 0,025 \text{ W / m}^2$$

$$\beta_1 = \beta_2 = 104 \text{ dB}$$

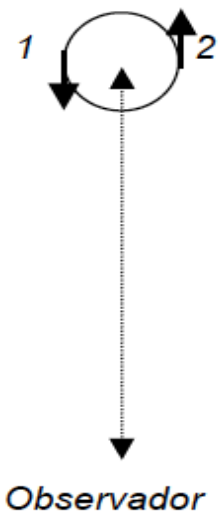
- b) Com ambas as fontes ligadas, encontre a mais baixa frequência audível (ou seja, no intervalo de 20 Hz a 20 kHz) para a qual a intensidade é mínima na posição do ouvinte. **(0,8)**

Interferência destrutiva:
 $f = 170 \text{ Hz}$

- c) Com ambas as fontes ligadas, encontre a mais baixa frequência audível para a qual a intensidade é máxima na posição do ouvinte. **(0,7)**

Interferência construtiva:
 $f = 340 \text{ Hz}$

B. Um apito emite som com frequência 500 Hz e move-se em uma trajetória circular de raio $R = 0,600 \text{ m}$ com uma velocidade angular de $15,0 \text{ rad/s}$ (ver figura). (Velocidade do som no ar, 340 m/s)



- d) Determine a menor e a maior frequência detectada por um observador em repouso, a uma distância $d = 100$ metros do centro do círculo? Considere que o raio R é muito menor do que a distância ao observador. **(0,5)**

Velocidade da fonte $v = \omega R = 15 \times 0,6 \text{ m/s} = 9,0 \text{ m/s}$

Posição 1, fonte se aproximando; posição 2, fonte se afastando:

Menor frequência **$f' = 487 \text{ Hz}$** ; maior frequência **$f' = 514 \text{ Hz}$**

- e) Suponha agora que o observador passa a se mover em direção ao apito com uma velocidade de $72,0 \text{ km/h}$, quais são a menor e a maior frequência detectada pelo observador? **(0,5)**

Observador se aproxima com velocidade $v_{\text{obs}} = 20 \text{ m/s}$

Menor frequência **$f' = 516 \text{ Hz}$** ; maior frequência **$f' = 544 \text{ Hz}$**