Prova 2 - 4302112 - Física II - 06/11/2023

1) [3,5] Soprando a ponta de um tubo de 0,5 m, aberto em ambas as extremidades, ouvimos um tom forte.

a) Considerando que a velocidade do som no ar é de $\frac{1000}{3}$ m/s, qual é a frequência do tom?

b) Ao fechar uma ponta do tubo, e assoprar na outra, notamos uma mudança no som. Qual a frequência esperada nesse caso?

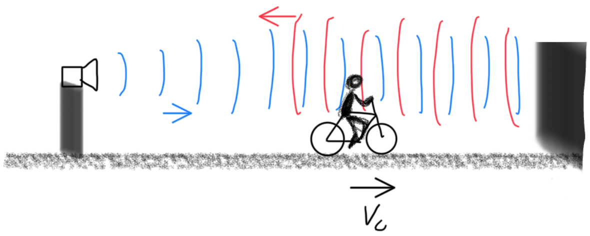
c) Dependendo como sopramos, podemos excitar outras ressonâncias. Quais as duas primeiras frequências que esperamos encontrar no caso do tubo aberto (além do seu modo de ressonância fundamental)? E quais as duas primeiras frequências de ressonância que esperamos encontrar com o tubo fechado (além do seu modo de ressonância fundamental)?

d) Existe algum modo de ressonância com o tubo aberto cuja frequência coincida com um modo de ressonância do tubo fechado? Justifique.

---

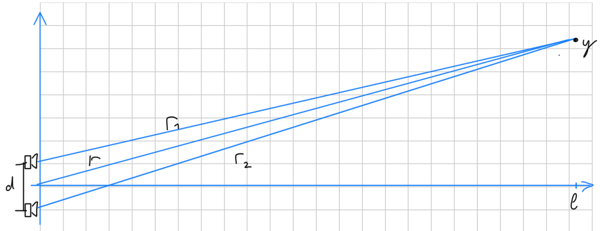
2) [3,0] Um alto-falante em uma estrada emite um tom em uma frequência f. Uma ciclista passa por este alto-falante, e ao se aproximar de um paredão, nota que o eco do paredão, combinado com o som vindo diretamente do alto-falante, produz uma modulação de intensidade no som com um período de 0,5 segundos, produzida pelo batimento das duas ondas.

Sabendo que a velocidade da ciclista é $v_C = 15$ km/h, e a velocidade do som é $c = 1.200$ km/h, determine a frequência f.



Transformação de frequências: $f = f_0(1 \pm v/c)$; $f = f_0/(1 \pm v/c)$

3) [3,5] Duas fontes sonoras estão produzindo ondas esféricas, de comprimento de onda λ, separadas por uma distância de 10λ. Um ouvinte está situado na platéia em uma fileira de cadeiras, a uma distância $\ell \gg \lambda$ do ponto médio entre as fontes.



a) Se as fontes estão emitindo o som em fase, qual a distância y_{max} na qual que ele deve estar para ouvir um máximo na intensidade? E qual a distância y_{min} para ouvir uma intensidade mínima?

b) Considere agora que as fontes estão com uma defasagem de 180°. Quais os novos valores de y_{max} e y_{min}?

Nota: Onda esférica de pressão, emitida por uma fonte i:

$$p(x, y, z, t) = \frac{A}{r_i} \cos(k \cdot r_i - \omega t + \varphi_i)$$

Dê suas respostas em termos de ℓ.

$\sin(a)\sin(b) = \frac{\cos(a-b)}{2} - \frac{\cos(a+b)}{2}$

$\cos(a)\cos(b) = \frac{\cos(a-b)}{2} + \frac{\cos(a+b)}{2}$

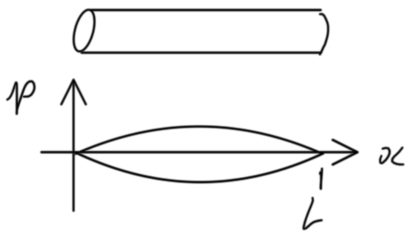
$\sin(a)\cos(b) = \frac{\sin(a+b)}{2} + \frac{\sin(a-b)}{2}$

$e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$

Gabarito P2 2023

1) Velocidade do som : $c = \frac{1000}{3}$ m/s

a) Modo Fundamental



- 2 nós de pressão nas extremidades

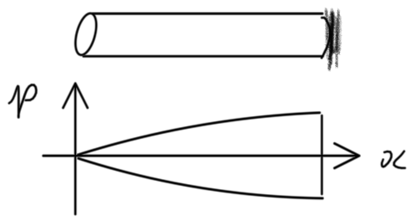
$\Rightarrow L = \lambda/2$, comprimento de onda λ

$\lambda = 2L = 2 \cdot 0{,}5\,m = 1m$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1000}{3} \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{1m} = \frac{1000}{3}\ Hz$$

---

b) Modo Fundamental



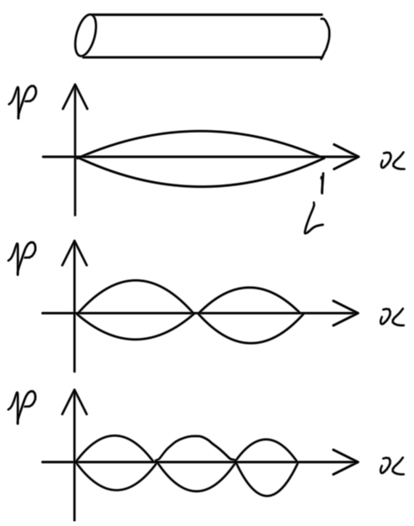
1 nó e 1 ventre

$\Rightarrow L = \lambda/4 \rightarrow \lambda = 4L = 2m$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1000}{3} \frac{m}{s} \frac{1}{2m} = \frac{500}{3}\ Hz$$

---

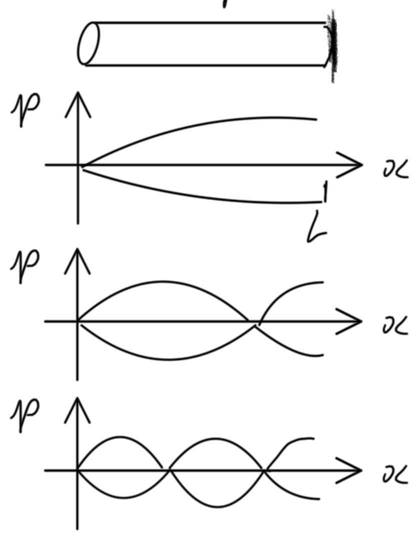
c) Tubo aberto



$L = \lambda/2$	$\lambda = 2L$	$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1000}{3}\ Hz$
$L = 2\,\lambda/2$	$\lambda = L$	$f = \frac{2000}{3}\ Hz$
$L = 3\,\lambda/2$	$\lambda = \frac{2L}{3}$	$f = 1000\ Hz$

$\lambda_n = \frac{2L}{n}$	$f_n = \frac{1000}{3} \cdot n \text{ Hz}$

Tubo fechado



$L = \lambda/4$	$\lambda = 4L$	$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{500}{3} \text{ Hz}$
$L = 3\lambda/4$	$\lambda = \frac{4L}{3}$	$f = 500 \text{ Hz}$
$L = 5\lambda/4$	$\lambda = \frac{4L}{5}$	$f = \frac{2500}{3} \text{ Hz}$
	$\lambda_n = \frac{4L}{2n+1}$	$f_n = \frac{500}{3}(2n+1) \text{ Hz}$

d) Modos de ressonância do tubo aberto: $f_n = \frac{500}{3} \cdot 2n$

Tubo fechado: $f_m = \frac{500}{3} \cdot (2m+1)$

$$f_n = f_m \Rightarrow \underbrace{2n}_{\text{par}} = \underbrace{2m+1}_{\text{ímpar}} \quad - \quad n = m + \frac{1}{2}$$

mas $n, m \in \mathbb{N}$

$\therefore \nexists\ n, m$ que satisfaçam a condição

2) Modulação de intensidade: batimento

Período do batimento: $T = \frac{1}{\Delta f} \Rightarrow \Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}5\,s} = 2\,Hz$

Frequência percebida → fonte $f_1 = f_0\left(1 - \frac{v}{c}\right)$

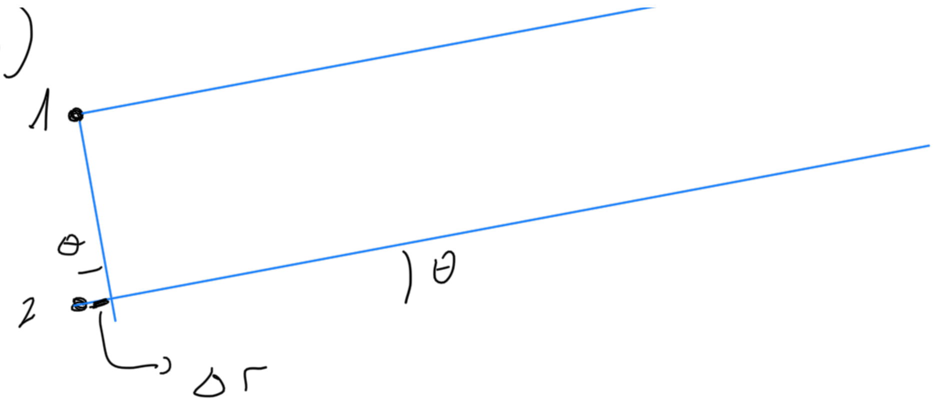
Frequência percebida → eco $f_2 = f_0\left(1 + \frac{v}{c}\right)$

$$f_2 - f_1 = f_0 \cdot \frac{2v}{c}$$

$$f_0 = (f_2 - f_1) \cdot \frac{c}{2v} = 2\,Hz \cdot \frac{1200\,km/h}{2 \cdot 15\,km/h}$$

$$= 2\,Hz \cdot \frac{1200}{30} = 2\,Hz \cdot 40 = \boxed{80\,Hz}$$

3)



a) Se 1 e 2 estão em fase

Interferência construtiva se $k \cdot \Delta r = 2n\pi$

destrutiva se $k \, \Delta r_{min} = (2n+1)\pi$

$$\frac{\Delta r}{d} \simeq \frac{y}{\ell} \Rightarrow \Delta r \simeq \frac{y d}{\ell} = 10 \frac{\lambda y}{\ell} \quad , \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Máximo → Pico
$$\frac{\cancel{2\pi}}{\cancel{\lambda}} \cdot y_p \cdot \frac{10\cancel{\lambda}}{\ell} = 2n\cancel{\pi} \Rightarrow y_p = \frac{\ell}{10} \cdot n$$

Mínimo → vale:
$$\frac{2\pi}{\lambda} \, y_v \cdot \frac{10\lambda}{\ell} = (2n+1)\pi \Rightarrow y_v = \frac{\ell}{10}\left(n + \frac{1}{2}\right)$$

b) Se 1 e 2 estão em oposição de fase

Interferência construtiva se $k \cdot \Delta r = 2n\pi + \pi$

destrutiva se $k \, \Delta r_{min} = 2n\pi$

$$y_p = \frac{\ell}{10}\left(n + \frac{1}{2}\right) \quad ; \quad y_v = \frac{\ell}{10} \cdot n$$

$(n \in \mathbb{Z})$