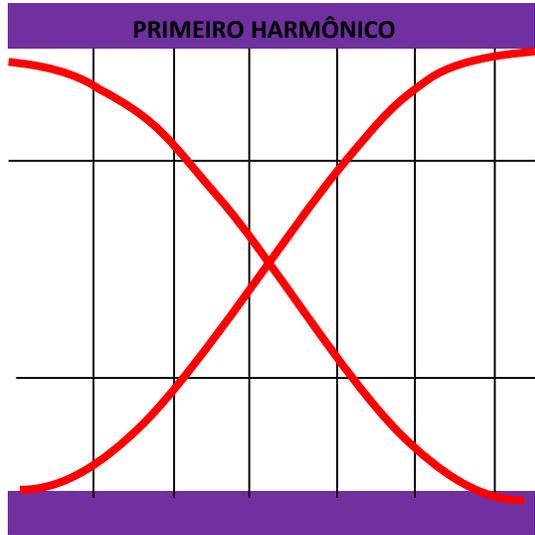


TUBOS SONOROS

Assim como as cordas ou molas, a ar ou gás contido dentro de um tubo pode vibrar com frequências sonoras, este é o princípio que constitui instrumentos musicais como a flauta, corneta, clarinete, etc. que são construídos basicamente por **tubos sonoros**.

- ❖ Os tubos são classificados como **abertos e fechados**, sendo os tubos abertos aqueles que têm as duas extremidades abertas (sendo uma delas próxima à embocadura) e os tubos fechados que são os que têm uma extremidade aberta (próxima à embocadura) e outra fechada.

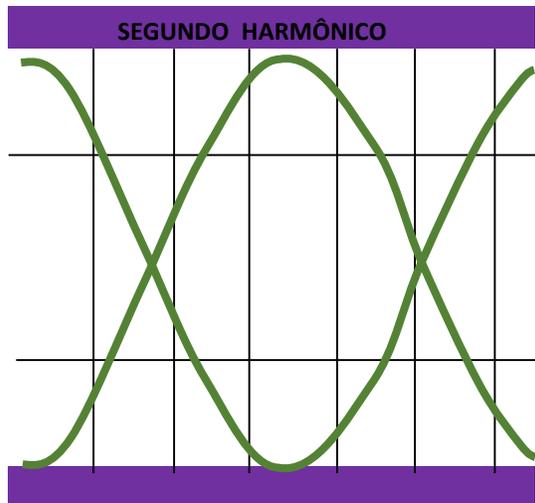
TUBOS ABERTOS



$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

$$l = \frac{1 \cdot \lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{2 \cdot l}{1}$$

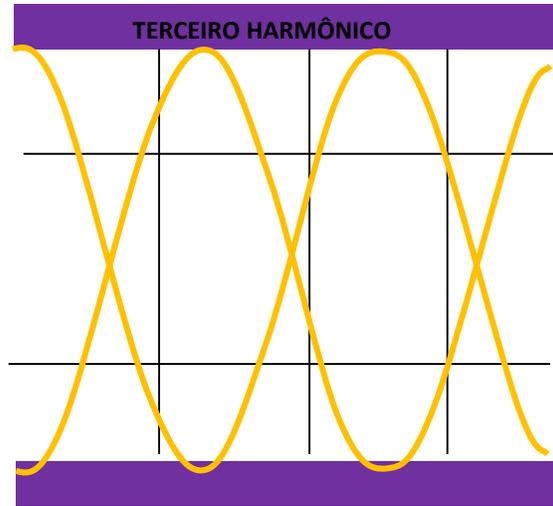
$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \Rightarrow f_1 = \frac{1 \cdot v}{2 \cdot l}$$



$$l = \frac{2 \cdot \lambda_2}{2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2 \cdot l}{2}$$

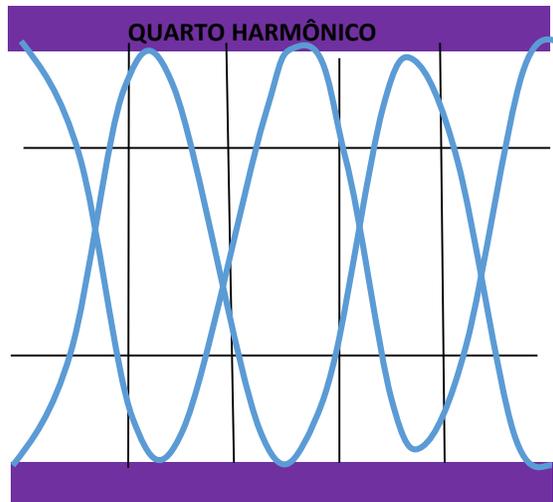
$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} \Rightarrow f_2 = \frac{2 \cdot v}{2 \cdot l}$$

TUBOS ABERTOS



$$l = \frac{3 \cdot \lambda_3}{2} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2 \cdot l}{3}$$

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} \Rightarrow f_3 = \frac{3 \cdot v}{2 \cdot l}$$



$$l = \frac{4 \cdot \lambda_4}{2} \Rightarrow \lambda_4 = \frac{2 \cdot l}{4}$$

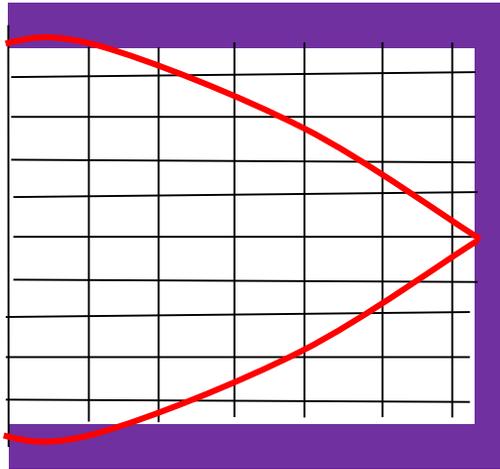
$$f_4 = \frac{v}{\lambda_4} \Rightarrow f_4 = \frac{4 \cdot v}{2 \cdot l}$$

Tubos abertos para harmônico n

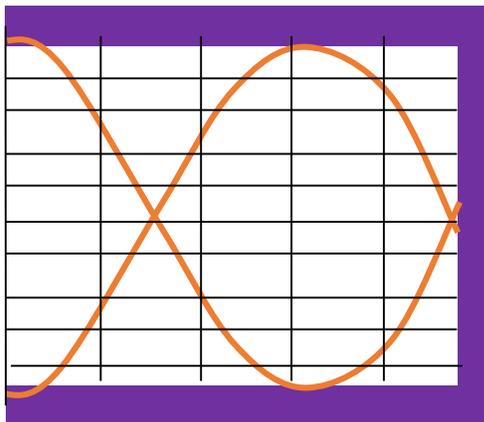
$$l = \frac{n \cdot \lambda_n}{2} \Rightarrow \lambda_n = \frac{2 \cdot l}{n}$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \Rightarrow f_n = \frac{n \cdot v}{2 \cdot l}$$

PRIMEIRO HARMÔNICO



TERCEIRO HARMÔNICO



Imagens: SEE-PE

TUBOS FECHADOS

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

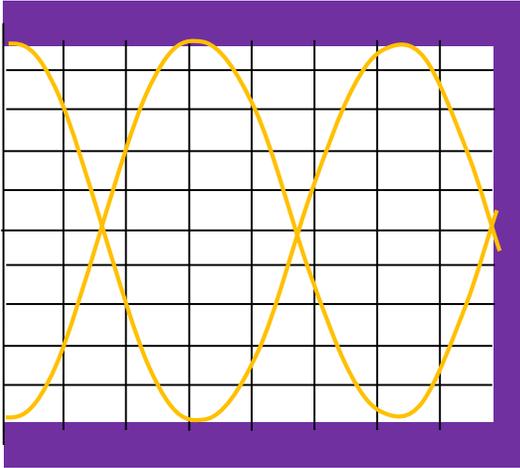
$$l = \frac{1 \cdot \lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4 \cdot l}{1}$$

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \Rightarrow f_1 = \frac{1 \cdot v}{4 \cdot l}$$

$$l = \frac{3 \cdot \lambda_3}{4} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4 \cdot l}{3}$$

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} \Rightarrow f_3 = \frac{3 \cdot v}{4 \cdot l}$$

QUINTO HARMÔNICO

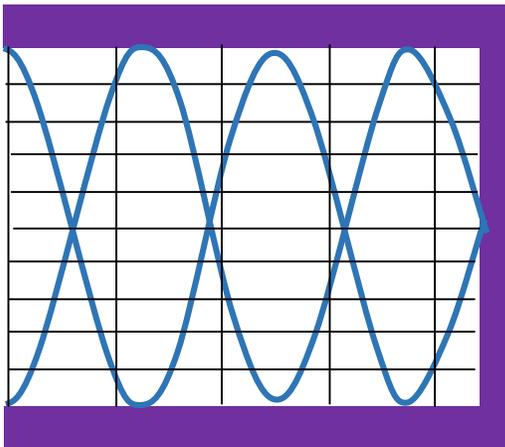


TUBOS FECHADOS

$$l = \frac{5 \cdot \lambda_5}{4} \Rightarrow \lambda_5 = \frac{4 \cdot l}{5}$$

$$f_5 = \frac{v}{\lambda_5} \Rightarrow f_5 = \frac{5 \cdot v}{4 \cdot l}$$

SÉTIMO HARMÔNICO



$$l = \frac{7 \cdot \lambda_7}{4} \Rightarrow \lambda_7 = \frac{4 \cdot l}{7}$$

$$f_7 = \frac{v}{\lambda_7} \Rightarrow f_7 = \frac{7 \cdot v}{4 \cdot l}$$

Tubos fechados para harmônico n

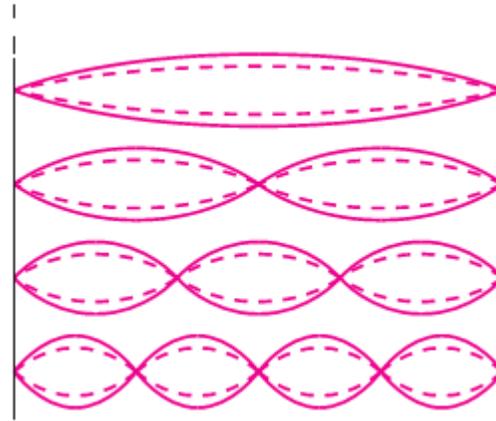
Sendo n um número ímpar

$$l = \frac{4 \cdot \lambda_n}{n} \Rightarrow \lambda_n = \frac{4 \cdot l}{n}$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \Rightarrow f_n = \frac{n \cdot v}{4 \cdot l}$$

Atividades

1. A figura mostra ondas estacionárias em uma corda de comprimento 1,0 m, vibrando em seu modo fundamental e nos primeiros harmônicos. Supondo que a velocidade de propagação destas ondas seja igual a 500 m/s, as frequências, em hertz, do modo fundamental e dos harmônicos seguintes, valem, respectivamente:



$$\lambda_1 = 2 \text{ m} \rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{500}{2} = 250 \text{ Hz}$$

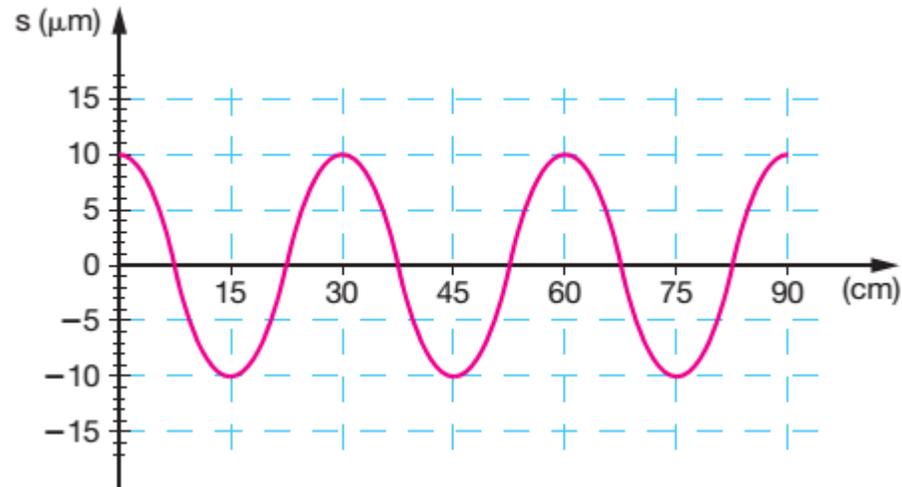
$$\lambda_2 = 1 \text{ m} \rightarrow f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = 500 \text{ Hz}$$

$$\lambda_3 = \frac{2}{3} \text{ m} \rightarrow f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{500}{\frac{2}{3}} = 750 \text{ Hz}$$

$$\lambda_4 = 0,5 \text{ m} \rightarrow f_4 = \frac{500}{0,5} = 1000 \text{ Hz}$$

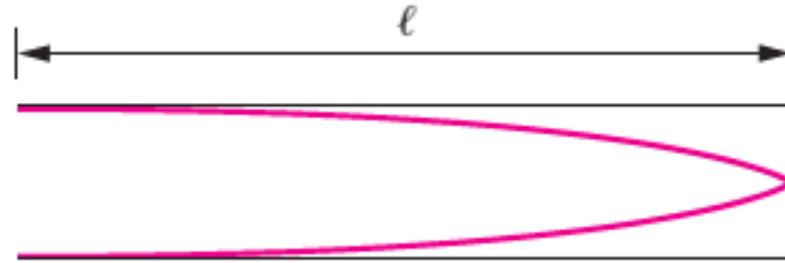
- a) 1 000; 750; 500; 250
- b) 1 000; 250; 500; 750
- c) 1 000, para todos os modos
- d) 250; 500; 750; 1 000
- e) 500; 500; 1 000; 1 000

2. Uma onda sonora que se propaga com velocidade igual a 330 m/s através de um tubo de 90 cm desloca as moléculas de ar de suas posições de equilíbrio. O valor do deslocamento $s(t)$ das moléculas em um determinado instante de tempo t , e ao longo do comprimento do tubo, pode ser representado pelo gráfico abaixo. Qual a frequência, em quilohertz, dessa onda sonora?



- a) 1,1
- b) 0,9
- c) 0,6
- d) 0,5
- e) 0,3

3. Um tubo sonoro fechado, cheio de ar, emite um som fundamental de 3,4 kHz. Sabendo-se que a velocidade do som no ar é de 340 m/s, pode-se dizer que o comprimento do tubo é:



$$f_1 = \frac{v}{4\ell} \rightarrow 3,4 \cdot 10^3 = \frac{3,4 \cdot 10^2}{4\ell}$$
$$4\ell = 10^{-1} \rightarrow \ell = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

- a) 3,4 m c) 0,50 m e) 0,025 m
b) 0,340 m d) 0,25 m

4. Um tubo de comprimento L , aberto em ambas as extremidades, emite um som fundamental de frequência f_1 . O mesmo tubo, quando fechamos uma de suas extremidades, passa a emitir um som fundamental de frequência f_2 . O valor da razão f_1/f_2 corresponde a:

- a) 2
b) 1
c) $\frac{1}{2}$
d) $\frac{1}{4}$
e) $\frac{1}{2}$

$$f_1 = \frac{v}{2L} \text{ (tubo aberto)}$$

$$f_2 = \frac{v}{4L} \text{ (tubo fechado)}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{v}{2L} \cdot \frac{4L}{v} = 2$$